



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학박사학위논문

도시 공간분석을 위한
사회·물리적 공간 네트워크 모형 개발
-공간구문론과 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터를 중심으로

Development of Socio-Physical Spatial Network Model
for Urban Spatial Analysis
in Terms of Space Syntax and Location Based Social Network Big Data

2018年 08月

서울대학교 대학원

건축학과

박 근 송

도시 공간분석을 위한
사회·물리적 공간 네트워크 모형 개발
-공간구문론과 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터를 중심으로

Development of Socio-Physical Spatial Network Model
for Urban Spatial Analysis
in Terms of Space Syntax and Location Based Social Network Big Data

지도교수 최 재 필

이 논문을 공학박사 학위논문으로 제출함
2018년 07월

서울대학교 대학원
건축학과
박 근 송

박근송의 공학박사 학위논문을 인준함
2018년 08월

위원장	전 불 희	(인)
부위원장	최 재 린	(인)
위 원	조 항 만	(인)
위 원	이 생 현	(인)
위 원	김 승 범	(인)

국문초록

도시 공간분석을 위한
사회·물리적 공간 네트워크 모형 개발
-공간구문론과 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터를 중심으로

서울대학교 대학원 건축학과 박 근 송
지도교수 최 재 필

공간구문론(Space Syntax)은 물리적 공간분석을 통해 그 안에 내재된 사회구조를 해석하기 위한 도구로서 사회구조(Social Structure)가 물리적 공간구조(Spatial Structure)의 통제를 받고 있음을 전제로 한다. 그러나 현대 도시에서 물리적 공간구조(가로망 체계)에 변화가 없어도 도시의 지역 사회구조는 짧은 기간 내에 큰 변화를 보이고 있다. 이러한 역동적인 도시 지역 사회구조의 변화에는 물리적 공간 네트워크의 영향 외에 또 다른 영향 요인이 존재함을 시사한다. 그래서 많은 관련 연구자들은 공간구문론의 이러한 문제점을 해소하기 위해 물리적 공간 네트워크에 인간 이동행태에 영향을 미치는 물리적 환경요인을 가중치로 반영해주는 시도들을 해왔다. 그러나 물리적 공간 네트워크에 가중치로 도입되는 물리적 환경요인들도 정적(靜態)인 특성을 갖고 있어 다이내믹한 현대 도시 지역 사회구조를 설명하는데 한계를 보인다. 최근 들어 많은 도시 관련 연구자들은 도시 지역 사회현상을 분석하기 위해 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network) 빅 데이터(Big Data)에 주목하기 시작하였다. 사람들이 방문한 장소에 관한 정보를 기록하여 소셜 미디어에 공유함으로써 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터가 형성되면서 개개인이 선호하는 맞춤형 장소를 추천해주는 것이 가능해졌다. 현대 도시인은 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터를 통해 추천된 맞춤형 장소로 이동하게 되는 경우가 많다. 이렇게 현대 도시인의 이동행태는 물리적 공간 외에 가상공간(Internet)의 영향도 같이 받고 있다.

이런 맥락에서 본 연구는 다이내믹한 도시 공간분석을 위해 정적(靜態)인 물리적 공간 네트워크와 인간의 이동패턴에서 도출된 장소와 장소의 동적(動態)인 사회적 공간 네트워크를 통합시킨 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical

Spatial Network)를 제안하였다. 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network) 구축 방법은 물리적 공간 네트워크(Physical Spatial Network)와 사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network)를 각각 따로 구축하여 통합시켰다. 물리적 공간 네트워크는 지상 도로망을 기준으로 하는 지상 공간 네트워크와 지하철선로망을 기준으로 하는 지하 공간 네트워크를 통합시킨 지상·지하 공간 네트워크(Ground-Underground Spatial Network)를 제안하였다. 사회적 공간 네트워크는 LBSN Service의 대표 기업인 Foursquare의 LBSN Big Data를 수집, 가공, 정제하여 특정 장소와 장소 사이의 실제 이동경로패턴을 도출하여 네트워크화 하였다. 이렇게 구축된 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크를 다중 네트워크(Multi-Network) 개념으로 통합시켜 사회·물리적 공간 네트워크를 구축하였다.

본 연구에서 제안하는 사회·물리적 공간 네트워크를 검증하기 위해 서울시 행정구역을 분석 대상으로 도시 공간분석을 실시하였다. 도시 공간분석결과와 실제 이동인구를 회귀분석한 결과 사회·물리적 공간 네트워크가 기존 물리적 공간 네트워크에 비해 높은 설명력을 보이는 것으로 확인되었다. (주어가 없네요.) 또한 물리적인 건축물노후도가 높은 건물들이 밀집되어 있는 지역과 사회적 공간 네트워크의 영향으로 통합도가 낮아진 지역이 겹치는 지역이 도시쇠퇴지역으로 나타났다, 건축물노후도가 높은데도 통합도가 높아진 지역은 젠트리피케이션(Gentrification) 발생지역으로 나타났다. 위와 같은 분석결과로부터 사회적 공간 네트워크가 실제로 존재한다는 사실을 확인할 수 있었다. 이는 도시계획설계에서 단순 물리적 공간구조를 대상으로 분석할 것이 아니라 도시 안에 내재된 사회적 공간들 사이의 소프트웨어적인 네트워크(도시 지역들 사이의 사회적 관계)도 같이 고려해줘야 함을 시사해 준다. 본 연구는 다이내믹하게 변화하는 도시 지역 사회현상을 정적인 물리적 공간으로만 설명하기 어려웠던 공간구문론의 한계를 해소하기 위한 연구방향을 제시해줬다는 점에 큰 의의가 있다. 또한, LBSN Big Data는 지금도 계속해서 빠른 속도로 많은 양이 쌓이고 있어, 이와 같은 도시 관련 빅 데이터를 활용한 보다 스마트한 도시계획설계가 가능함을 본 연구를 통해 보여주었다.

주요어: 도시 공간분석, 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터, 공간구문론, 물리적 공간 네트워크, 사회적 공간 네트워크, 사회·물리적 공간 네트워크
학 번: 2013-30762

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1. 연구의 배경 및 목적	3
1.1.1. 연구의 배경	3
1.1.2. 연구의 목적	11
1.2. 연구의 방법 및 구성	14
1.2.1. 연구의 방법	14
1.2.2. 연구의 구성	15
제 2 장 관련 이론 및 선행연구 고찰	19
2.1. 도시공간구조 이론	21
2.1.1. 도시공간구조의 개념	21
2.1.2. 도시공간구조의 분석방법	22
2.2. 공간분석이론	24
2.2.1. 공간분석이론의 개요	24
2.2.2. 그래프 이론	25
2.2.3. 공간구문론의 등장	33
2.2.4. 공간구문론의 발전	35
2.3. 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network)	50
2.3.1. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN) 정의	50
2.3.2. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)의 특징	51
2.4. 선행연구 검토	56
2.4.1. 공간구문론을 적용한 도시공간분석에 관한 선행연구	56
2.4.2. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN) 빅 데이터(Big Data)를 적용한 도시 공간분석에 관한 선행연구	60
2.5. 다이내믹한 도시 공간분석을 위한 공간분석기법의 필요성	62
2.5.1. 기존 공간구문론을 적용한 도시 공간분석의 한계	62
2.5.2. LBSN 데이터를 적용한 도시 공간분석의 가능성 및 한계	66
2.5.3. 새로운 공간분석기법 개발의 필요성	68
제 3 장 사회·물리적 공간 네트워크의 이론 정립	71
3.1. 물리적 공간 네트워크의 개념	73
3.1.1. 물리적 공간	73
3.1.2. 물리적 공간 네트워크의 개념	74
3.2. 사회적 공간 네트워크의 개념	77
3.2.1. 사회적 공간	77
3.2.2. 사회적 공간 네트워크의 개념	78

3.3. 사회·물리적 공간 네트워크	81
3.3.1. 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크의 관계	81
3.3.2. 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크 통합	81
3.3.3. 사회·물리적 공간 네트워크 개념	83
3.4. 소 결	87
제 4 장 사회·물리적 공간 네트워크 구축	89
4.1. 사회적 공간 네트워크 구축	91
4.1.1. 포스퀘어(Foursquare)	91
4.1.2. Foursquare 기반 사회적 공간 네트워크 구축	98
4.1.3. 사회적 공간 네트워크 특징	100
4.2. 물리적 공간 네트워크 구축	101
4.2.1. 지상 공간 네트워크 구축	101
4.2.2. 지하 공간 네트워크 구축	104
4.2.3. 지상·지하 공간 네트워크 구축	106
4.2.4. 지상·지하 공간 네트워크 특징	108
4.3. 사회·물리적 공간 네트워크 구축	109
4.3.1. 사회적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크의 통합	109
4.3.2. 공간 네트워크 통합 방법	110
4.3.3. 사회·물리적 공간 네트워크 구축	111
4.3.4. 사회·물리적 공간 네트워크 특징	115
4.4. 소 결	116
제 5 장 사회·물리적 공간 네트워크 검증	117
5.1. 분석 대상 선정	119
5.2. 공간 네트워크 구축	120
5.2.1. 서울시 물리적 공간 네트워크 구축	120
5.2.2. 서울시 사회적 공간 네트워크 구축	128
5.2.3. 서울시 사회·물리적 공간 네트워크 구축	141
5.3. 서울시 공간 네트워크 분석	144
5.3.1. 물리적 공간 네트워크 분석	144
5.3.2. 사회적 공간 네트워크 분석	147
5.3.3. 사회·물리적 공간 네트워크 분석	148
5.4. 실제 유동인구와 공간분석결과의 비교	150
5.5. 실제 도시현황과 공간분석결과 비교	164
5.6. 소 결	178
6. 결 론	181
6.1. 연구의 요약	183
6.2. 연구의 의의 및 한계	184

그림 차례

[그림 1-1] 공간구문론 이론적 틀	3
[그림 1-2] 사회 경제적 지위 변화(2001-2011)	4
[그림 1-3] 소매업 증가 분포도 (2006-2014), 서울	5
[그림 1-4] 소매업 감소 분포도 (2006-2014), 서울	5
[그림 1-5] 공간분석 이론적 틀의 변화	7
[그림 1-6] 연구의 구조 및 흐름도	16
[그림 2-1] 퀴니히스베르크 일곱 다리와 그래프	26
[그림 2-2] 무향 그래프	26
[그림 2-3] 유향 그래프	26
[그림 2-4] 정규 네트워크	27
[그림 2-5] 무작위 네트워크	28
[그림 2-6] 정규 네트워크, 좁은세상 네트워크, 무작위 네트워크	29
[그림 2-7] 클러스터와 강한 연결/약한 연결	30
[그림 2-8] 무작위 네트워크와 척도없는 네트워크(Barabasi,2002)	31
[그림 2-9] 무작위 네트워크와 척도없는 네트워크(Barabasi, 2002)	31
[그림 2-10] 척도없는 네트워크의 성장 과정(Barabas, 2002)	32
[그림 2-11] 준격자 및 수목 형태 그래프	33
[그림 2-12] Built form 그래프 (kruger,1979a)	34
[그림 2-13] 공간분석이론의 발전 흐름도	35
[그림 2-14] G-Town(Hillier&Hanson, 1984)	37
[그림 2-15] G-Town의 축선도(Hillier&Hanson, 1984)	37
[그림 2-16] (a) 가상 도시 시스템, (b) 축선도, (c) 연결된 그래프	38
[그림 2-17] (a) 볼록공간, (b) 오목공간 (Hillier & Hanson, 1984)	38
[그림 2-18] Convex Map과 Axial Map(이종렬, 2009, pp.46에서 인용)	39
[그림 2-19] A: 축선도, B: 분절 축선도,	40
[그림 2-20] 가로 교차점 및 가시성 그래프	40
[그림 2-21] (a) Satra 거리 네트워크, (b) 상응한 그래프 (Note: 각 노드에는 상응한 거리의 이름이 표기 됨) (Jiang, B., 2004)	41
[그림 2-22] 가시성 그래프	41
[그림 2-23] a) 평균깊이가 최대인 체인(chain) 구조 b) 평균깊이가 최소인 스타(star)구조	44
[그림 2-24] (a) 축선의 교차 각이 30°인 경우 0.25, (b) 축선의 교차 각이 60°인 경우 0.5	46
[그림 2-25] 위치 기반 소셜 네트워크 개념도(출처:	50
[그림 2-26] 위치 기반 소셜 네트워크의 3가지 주요 네트워크	51
[그림 2-27] SNS	52

[그림 2-28] 트위터, 위치 정보 서비스 공개	52
[그림 2-29] Facebook unveils ‘Places’ - iPhone App will get Places Update Tonight (iThinkDifferent, By Imran Aug 19, 2010)	53
[그림 2-30] 구글, 위치기반서비스 본격적으로 시작, 2011 (디지털데일리, 이민형, 2011.02.02)	53
[그림 2-31] 가상공간과 물리적 공간의 관계	54
[그림 2-32] 신설 도로	62
[그림 2-33] 신설 도로 영향권	62
[그림 2-34] 물리적 공간 네트워크와 사회현상의 영향 관계	63
[그림 2-35] 가상공간 상의 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)가 사회현상에 미치는 영향	66
[그림 2-36] 인간이동패턴/사회현상에 미치는 물리적 접근과 사회적 접근	69
[그림 3-1] 지상·지하 공간 네트워크 개념도	75
[그림 3-2] (A) 지상·지하 공간 네트워크,	76
[그림 3-3] 물리적 공간 연결과 사회적 공간 연결 개념도	78
[그림 3-4] 가상공간에서 물리적 공간의 사회적 연결	79
[그림 3-5] (A) 사회적 공간 네트워크,	79
[그림 3-6] Foursquare 기반 사회적 공간 네트워크 (독일 뮌헨)	80
[그림 3-7] 인간이동행태패턴에 영향을 미치는 물리와 사회적 공간 네트워크	82
[그림 3-8] 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크의 통합 개념	83
[그림 3-9] 사회·물리적 공간 네트워크 개념도	84
[그림 3-10] 가상공간의 장소추천 개념도	84
[그림 3-11] 지상·지하 물리적 공간 네트워크를 고려한 사회·물리적 공간 네트워크 개념도	85
[그림 3-12] (A) 지상·지하 공간 네트워크를 고려한 사회·물리적 공간 네트워크	86
[그림 4-1] 사용자 근처 장소(venues) 리스트	91
[그림 4-2] National Air and Space Museum 장소(venue) 페이지	92
[그림 4-3] 장소 관련 추가 정보	93
[그림 4-4] 친구와 각 방문횟수 순위	93
[그림 4-5] Foursquare에서 친구 찾기	93
[그림 4-6] 사용자 프로필에 있는 장소(좌), 사용자 친구의 방문 장소(우)	94
[그림 4-7] Twitter에서 Foursquare check-in하기	95
[그림 4-8] Twitter에서 check-in한 Foursquare 화면	95
[그림 4-9] Foursquare Venue's Network 구축 흐름도	99
[그림 4-10] 자연 도로컬러 선을 축선도(검색색 직선)로 변환(점선은 가파른 기본 선이고, x는 기준선에서 떨어진 가파른 선을 가리키고, 두개의 회색 선은 가능한 축선이지만 최종 선은 아님(Liu X and Jang B, 2012)	102
[그림 4-11] (A) 축선도, (B) 그래프	103
[그림 4-12] 지하철역과 지하철선로	104
[그림 4-13] 지하 공간 그래프([그림 4-12] 기준)	105
[그림 4-14] (A) 지하철환승역 다이어그램, (B) 지하철 환승역 그래프	105
[그림 4-15] 지상과 지하 공간의 연결 통로	106

[그림 4-16] 지상·지하 공간을 통합 고려한 물리적 공간 네트워크 예시 (서울시)	108
[그림 4-17] 사회적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크 통합 개념	109
[그림 4-18] Intra-layer edges는 실선으로, Inter-layer edges는 점선으로 표현, Inter-layer에서 node들 사이의 연결은 다른 layer의 대응되는 위치 node와 일대일로 연결 됨 (Hilary(2015), M. Kivela, A. Arenas, M. Barthélemy, J. P. Gleeson, Y. Moreno and M. A. Porter(2014)에서 인용)	110
[그림 4-19] (A) 점(point)형과 선(line)형의 노드, (B) 그래프	112
[그림 4-20] (A) 점형 사회적 공간 네트워크와 선형 물리적 네트워크, (B) 통합시킨 그래프	112
[그림 4-21] (A) 선형 노드에 점형 노드가 없는 경우, (B) 통합시킨 그래프	113
[그림 4-22] (A) 한 개의 선형 노드에 두 개의 점형 노드가 있는 경우, (B) 통합시킨 그래프	113
[그림 4-23] (A) 선형 노드-a의 1 점형 노드가 a선형 노드와 연결된 b선형 노드 상의 점형 노드-2와 연결 관계를 가짐, (B) 통합시킨 그래프	114
[그림 4-24] (A) a선형 노드의 1, 2 점형 노드가 c선형 노드 상의 3 점형 노드와 두 개의 연결 관계를 가짐, (B) 통합시킨 그래프	114
[그림 4-25] 사회·물리적 공간 네트워크 예시(서울시)	115
[그림 5-1] 서울시 행정구역	119
[그림 5-2] 서울시 전자지도 도로 중심선	120
[그림 5-3] 서울시 전자지도 상 단절점(disconnect) 지점	121
[그림 5-4] 서울시 전자지도의 도로 중심선을 기준으로 재현한 축선도	122
[그림 5-5] 지상 공간 네트워크(축선도)의 연결도 분포도	123
[그림 5-6] 서울시 지하철 노선도	124
[그림 5-7] 서울시 지하 공간 네트워크	124
[그림 5-8] 지하 공간 네트워크 연결도 분포도	125
[그림 5-9] 서울시 지상·지하 공간 네트워크	126
[그림 5-10] 지상·지하 공간 네트워크(축선도)의 연결도 분포도	127
[그림 5-11] Foursquare LBSN 데이터 수집 공간범위	128
[그림 5-12] Foursquare venue 메타데이터(metadata) 예시	129
[그림 5-13] 서울시 베뉴(Venue) 분포	130
[그림 5-14] 수집된 베뉴 및 속성 정보	131
[그림 5-15] 서울시 행정구역 내 Foursquare 베뉴 분포	132
[그림 5-16] Foursquare 베뉴(Venue) 사용자(Users) 수 분포	133
[그림 5-17] Foursquare 베뉴(Venue) 사용자(Users) 수 heat map	133
[그림 5-18] Foursquare 베뉴(Venue) 체크인(Check-ins) 수 분포	134
[그림 5-19] Foursquare 베뉴(Venue) 체크인(Check-ins) 수 heat map	134
[그림 5-20] Foursquare 베뉴(Venue) 팁(Tips) 수 분포	135
[그림 5-21] Foursquare 베뉴(Venue) 팁(Tips) 수 heat map	135
[그림 5-22] 서울시 Foursquare LBSN Data 기반 사회적 공간 네트워크	137
[그림 5-23] 사회적 공간 네트워크 In-degree 분포도	138
[그림 5-24] 사회적 공간 네트워크 Out-degree 분포도	138

[그림 5-25] 서울시 Foursquare LBSN Data 기반 사회적 공간 네트워크 허브(hub) 배뉴	139
[그림 5-26] 서울시 Foursquare 사용자 수 기준 배뉴(venue) 분포(상위 50위)	140
[그림 5-27] 서울시 Foursquare 체크인 수 기준 배뉴(venue) 분포(상위 50위)	140
[그림 5-28] 사회적 네트워크의 공간화	141
[그림 5-29] 축선도(흰색)와 사회적 공간 네트워크(파란색) 오버랩(overlap) 결과	142
[그림 5-30] 서울시 Foursquare 기반 사회·물리적 공간 네트워크	143
[그림 5-31] 서울시 축선도 기반 통합도 분포	145
[그림 5-32] 서울시 지상·지하 공간 네트워크 기반 통합도 분포	146
[그림 5-33] 서울시 사회적 공간 네트워크 기반 통합도 분포	147
[그림 5-34] 서울시 사회·물리적(축선도) 공간 네트워크 기반 통합도 분포	148
[그림 5-35] 서울시 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크 기반 통합도 분포	149
[그림 5-36] 서울시 유동인구(SKT, 2016년 12월 주중)	151
[그림 5-37] 서울시 유동인구 heat map(SKT, 2016년 12월 주중)	151
[그림 5-38] 서울시 유동인구(SKT, 2016년 12월 주말)	152
[그림 5-39] 서울시 유동인구 heat map(SKT, 2016년 12월 주말)	152
[그림 5-40] 축선도 기준 셀(cell) 분포	153
[그림 5-41] 축선도 기준 유동인구 (주중)	154
[그림 5-42] 축선도 기준 유동인구 (주말)	154
[그림 5-43] (A) 주중 유동인구 지수분포, (B) 주중 Log(유동인구) 선형분포	155
[그림 5-44] (A) 주말 유동인구 지수분포, (B) 주말 Log(유동인구) 선형분포	155
[그림 5-45] 사회·물리적(축선도) 공간 네트워크 통합도와 실제 유동인구 간의 상관관계	161
[그림 5-46] 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크 통합도와 실제 유동인구 간의 상관관계	161
[그림 5-47] 통합도와 주중 유동인구 상관도 (강도비(W) = 8)	163
[그림 5-48] 통합도와 주말 유동인구 상관도 (강도비(W) = 8)	164
[그림 5-49] 서울시 통합도 분포 (A) 물리적 공간 네트워크, (B) 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크(W=8)	165
[그림 5-50] 물리적(지상·지하) 공간 네트워크 통합도 히스토그램	165
[그림 5-51] 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크 통합도 히스토그램	165
[그림 5-52] 사회적 공간 네트워크에 의한 통합도 증감 분포	166
[그림 5-53] 사회적 공간 네트워크에 의한 통합도 감소 지역	167
[그림 5-54] 사회적 공간 네트워크에 의한 통합도 증가 지역	168
[그림 5-55] 서울시 건물노후도 분포(2018년 기준)	169
[그림 5-56] 서울시 40년 이상 노후건축물 분포(2018년 기준)	170
[그림 5-57] 축선도 기준 서울시 40년 이상 노후건축물 분포(2018년 기준)	171
[그림 5-58] 사회적 네트워크의 영향과 건물노후도의 관계 4분할도	172
[그림 5-59] 사회적 네트워크의 영향과 건물노후도의 관계 4분할도 분석결과	173
[그림 5-60] 물리환경과 사회환경이 모두 퇴화되는 지역	174
[그림 5-61] 서울시 실제 도시재생 노후쇠퇴지역 재생계획	174

[그림 5-62] 물리환경이 퇴화되고 사회환경 활성화되는 지역	175
[그림 5-63] 물리환경이 퇴화되고 사회환경 활성화되는 지역과 젠트리피케이션 발생	176
[그림 부록-1] 예술 및 엔터테인먼트 사용자(user) heat map	9
[그림 부록-2] 예술 및 엔터테인먼트 체크인(check-in) heat map	9
[그림 부록-3] 대학교 사용자(user) heat map	9
[그림 부록-4] 대학교 체크인(check-in) heat map	9
[그림 부록-5] 행사장 사용자(user) heat map	9
[그림 부록-6] 행사장 체크인(check-in) heat map	9
[그림 부록-7] 음식 사용자(user) heat map	10
[그림 부록-8] 음식 체크인(check-in) heat map	10
[그림 부록-9] 유흥 장소 사용자(user) heat map	10
[그림 부록-10] 유흥 장소 체크인(check-in) heat map	10
[그림 부록-11] 야외 활동 및 오락 사용자(user) heat map	10
[그림 부록-12] 야외 활동 및 오락 체크인(check-in) heat map	10
[그림 부록-13] 전문점 및 기타 장소 사용자(user) heat map	11
[그림 부록-14] 전문점 및 기타 장소 체크인(check-in) heat map	11
[그림 부록-15] 거주지 사용자(user) heat map	11
[그림 부록-16] 거주지 체크인(check-in) heat map	11
[그림 부록-17] 상점 및 서비스 사용자(user) heat map	11
[그림 부록-18] 상점 및 서비스 체크인(check-in) heat map	11
[그림 부록-19] 여행 및 교통 사용자(user) heat map	12
[그림 부록-20] 여행 및 교통 체크인(check-in) heat map	12

표 차례

[표 2-1] 도시공간구조 분석유형(박인수, 2004, 부분 재구성)	22
[표 2-2] 도시공간구조 분석 대상에 따른 장단점	23
[표 2-3] 공간분석기법에 적용되는 대표적 평가 지표	45
[표 2-4] 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)를 통한 위치/장소 추천 및 이동패턴 추정 관련 연구 ..	55
[표 2-5] 공간구문론을 적용한 도시공간분석 연구	57
[표 2-6] LBSN 데이터를 적용한 도시공간분석 연구	61
[표 3-1] 물리적 공간 네트워크와 사회·물리적 공간 네트워크의 특성 비교	87
[표 4-1] Foursquare 사용자 구성 (Jennifer Golbeck, 2015. 재구성)	92
[표 4-2] Foursquare 주요 용어	96
[표 4-3] Foursquare Venue 종류와 특징	97
[표 4-4] Venue's Network 에지(edge)의 3가지 의미	100
[표 4-5] 지하철환승역 여부와 지하철출입구에 면한 도로의 개수에 따른 4가지 지상과 지하 연결 통로(박근송 외 1인, 2018)	107
[표 4-6] 공간 네트워크 유형별 특성 비교	116
[표 5-7] 사회적 공간 네트워크 통합도, 메뉴 사용자 수 및 체크인 수와 유동인구 상관도 ..	156
[표 5-2] 실제 유동인구와 물리적 공간 네트워크와 사회·물리적 공간 네트워크의 상관관계 ..	157
[표 5-9] 물리적 연결과 사회적 연결의 강도비 범위를 1~10으로 하였을 때 물리적(축선도) 공간 네트 워크와 사회·물리적(축선도) 공간 네트워크 통합도를 각각 유동인구와 상관도() 분석결과	161
[표 5-10] 물리적 연결과 사회적 연결의 강도비 범위를 1~10으로 하였을 때 물리적(지상·지하) 공간 네트워크와 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크 통합도를 각각 유동인구와 상관도 분석결과 ..	161
[표 5-11] 사회적 공간 네트워크의 영향으로 낮았던 통합도가 높아진 지역	177
[표 부록 3-1] Foursquare Venue 유형 별 Check-in과 User 분포	6

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

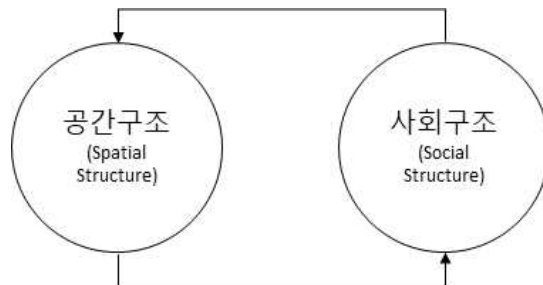
1.2 연구의 방법 및 구성

1.1. 연구의 배경 및 목적

1.1.1. 연구의 배경

인간 사회는 지구 표면의 영역을 차지하며, 지역과 지역 사이에서 물질적 자원이 이동하고, 사람들이 서로 마주치며 정보가 전달되는 공간 현상이다(Hillier, 1984). 공간과 사회는 공존하는 관계이며, 공간에서 물질과 인간의 정보가 오고갈 때 비로소 인간 사회가 보인다. 인간 사회는 단순히 공간에 존재하는 것뿐만 아니라 공간적 형태에 영향을 준다(Hillier, 1984). 공간과 사회는 상호작용하며 공존하는 관계이다.

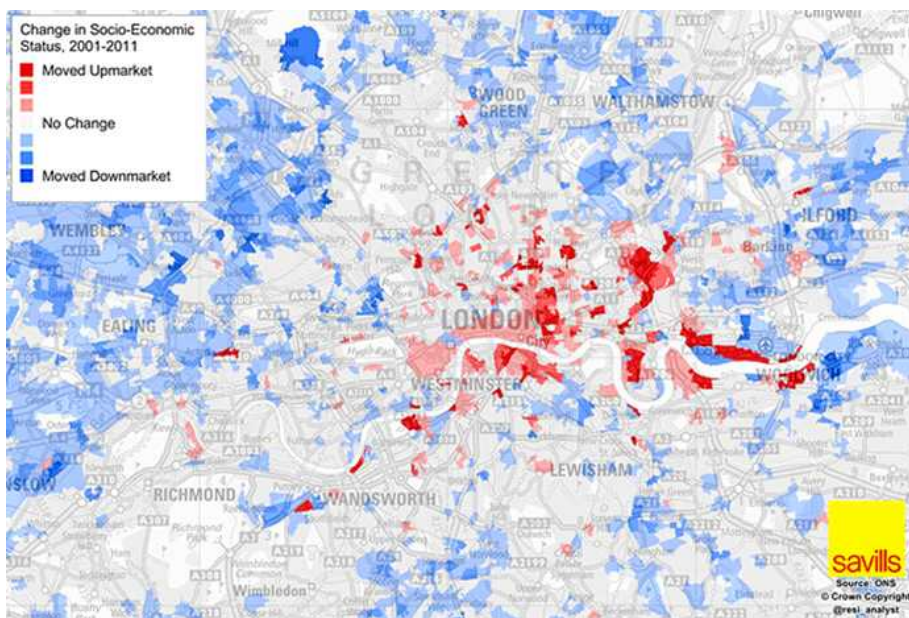
건축·도시 건조환경(Built Environment)이 사회구조(Social Structure)에 영향을 미치고, 반대로 사회구조가 공간구조(Spatial Structure)에 영향을 미친다는 원론적 이론을 기반으로 1984년 Hillier와 Hanson이 사회구조를 건조환경의 정량화로 해석하는 공간분석이론을 고안하였다. 여기서 공간구조(Spatial Structure)는 건조환경에 의해 만들어진 공간을 일정한 기준에 따라 구조화(그래프화)한 것을 가리킨다. 또한 사회구조(Social Structure)는 인간들의 사회적인 상호작용으로 형성된 일반화된 사회현상이다.



[그림 1-1] 공간구문론 이론적 틀
(Hillier&Hanson,1984)

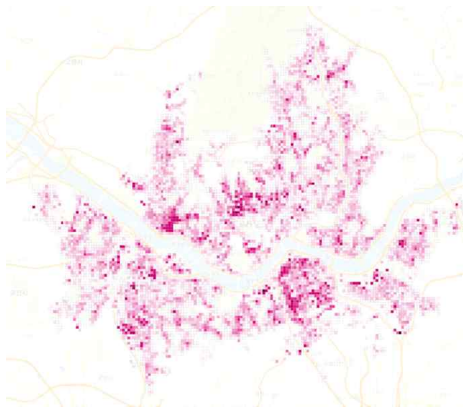
공간분석이론은 물리적 건조환경에 따라 결정되는 접근성이 공간사용자들의 사회적 관계와 그 사회의 경제, 문화 등에 영향을 미친다는 관점 아래 건축·도시 공간구조 상 각 공간의 접근성을 정량적으로 제시하는 방법론이다(Kim, Y, 2009).

Hillier의 사회와 공간의 관계를 이론적 토대로 하여 개발된 공간구문론(Space Syntax)은 건축·도시 공간들의 연결 관계에서 그 안에 내재되어 있는 사회적 현상을 정량적으로 분석하여 객관적으로 평가할 수 있다. 공간구문론 이후로 건축·도시 공간의 사회구조 분석에서 그 실효성이 많은 연구자들의 연구 결과에서 검증되었다. 공간구조에서 사회구조를 들여다 볼 수 있다는 것은 사회구조가 공간구조의 변화에 따라 변화함을 설명한다. 그러나 현대 도시에서 지역별 인간의 사회현상은 짧은 기간에 큰 변화를 보여주고 있다. 공간구문론의 원론적인 공간과 사회의 상호 영향 관계라면 사회현상의 큰 변화는 건조환경에서 물리적 공간구조에 큰 변화를 가져다 준다. 그러나 현대 도시에서 이런 지역 사회현상의 큰 변화는 그 지역의 건조환경의 물리적 공간구조의 변화에 미미한 영향을 미치고 있다. 다시 말해 도시의 공간구조에 변화가 없어도 현대 도시의 지역 사회현상은 역동적으로 변화하고 있다고 할 수 있다. 이것은 기존 공간구문론의 정적(靜態)인 건조환경의 물리적 공간구조를 분석 대상으로 하는 공간분석이론으로는 설명할 수 없는 현상이다.

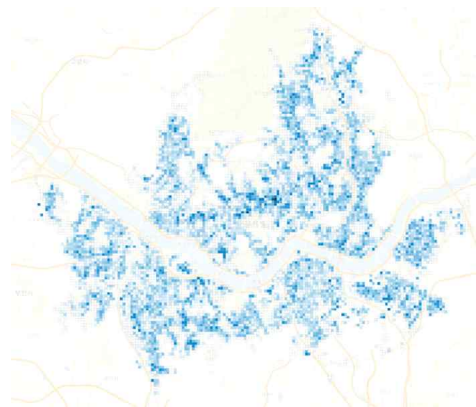


[그림 1-2] 사회 경제적 지위 변화(2001-2011)
(Neal Hudson, an analyst at Savills, 2013)

21세기 London을 보더라도 2001년부터 2011년 사이 도시의 많은 지역에서 역동적인 사회경제적 현상의 변화를 보인다(그림 1-2). 공간구문론의 개념적 논리라면 상당한 물리적 환경의 변화가 일어났을 것으로 추정해 볼 수 있다. 그러나 10년 사이에 London의 물리적 공간구조(도로망 체계)에는 큰 변화가 없음에도 많은 지역에서 사회경제적 현상의 큰 변화가 나타났다. 이러한 현상은 멈추지 않고 시간의 흐름에 따라 다이내믹하게 계속된다. 국내 서울수도 마찬가지로 2006년부터 2014년까지 8년간 도시의 물리적 공간구조(도로망 체계)에 큰 변화가 없음에도 도시 내 상업화 지역이 불균형적인 큰 변화가 나타났다. 이것은 2006~2014년 8년 사이 36가지 유형의 소매업의 증감률을 통해 확인할 수 있다(그림 1-3, 1-4).



[그림 1-3] 소매업 증가 분포도
(2006-2014), 서울
(Seungbum KIM' s Block, 2016)



[그림 1-4] 소매업 감소 분포도
(2006-2014), 서울
(Seungbum KIM' s Block, 2016)

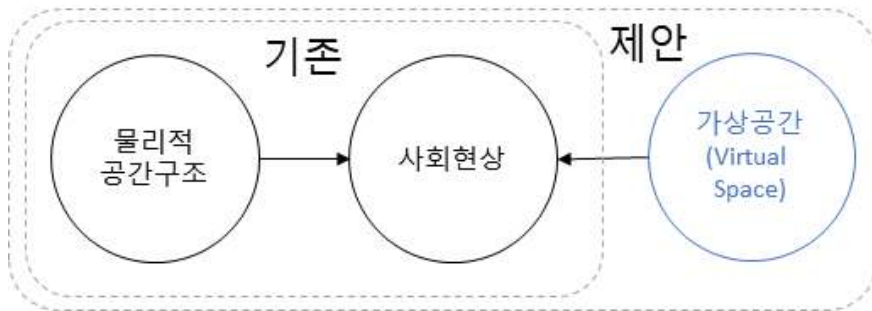
현대 도시의 건조환경에서 인간 사회현상은 물리적인 접근성의 영향을 받기도 하지만 사회적(social) 접근성의 영향을 받기도 한다. 사회적 접근성은 특정 공간 혹은 장소에 대한 애착/선호/매력에 의해 정서적으로 느껴지는 접근 비용이다. 사회적 접근은 사회적 공간에서 이루어진다. 여기서 사회적 공간이란 인간의 사회 활동에 의해 만들어진 장소를 가리킨다. 특정 장소에 대한 애착은 그 장소가 물리적으로 멀리 떨어져 있음에도 가깝게 느껴지는 일종의 심리적 작용에 의한 정서적 친근감으로서 기타 애착이 없는 장소에 비해 높은 접근성을 보이게 된다. 기존 공간구문론은 물리적 접근성을 정량화하는 기법으로서 단위공간들의 물리적 연

결 관계로부터 계산된다. 사회적 접근성을 정량화하기 위한 사회적 연결 관계를 실제 인간이동패턴에서 찾아볼 수 있다. 특정 사회적 공간들 사이에서 인간의 이동경로흔적을 통해 두 장소의 사회적 연결 관계를 재현할 수 있다.

Hillier가 공간구문론을 만든 1980년대만 해도 도시에서 인간의 사회적 접근은 지금 현대 도시와 비교할 수 없을 정도로 적었다. 사회적 접근이 이루어지려면 목적지 장소에 대한 정보가 있어야 하고, 그 장소에 대한 개인의 선호가 같이 작용해야 가능하다. 80년대 도시에 살고 있는 사람들은 알고 있는 장소에 관한 정보는 지금과 비교할 수 없을 정도로 적었다. 이러한 이유로 그 당시 도시 사람들은 사회적 접근도 있었지만 대체로 물리적 접근이 주를 이루었다. 다시 말해 물리적으로 접근성이 좋은 장소에 대한 접근이 주를 이루었고, 사회적 접근에 의한 이동이 소수이었을 가능성이 크다. 현대 도시가 과거 도시에 비해 사회적 접근에 의한 사람들의 이동이 많다. 이것은 현대 도시인은 가상공간에서 물리 세계에 존재하는 사회적 공간(장소)들의 정보를 아주 쉽게 획득할 수 있기 때문이다.

위와 같이 과거와 현대 도시에서 사람들이 특정 장소로 접근하는 데 영향을 미치는 물리적 접근성과 사회적 접근성에서 과거에는 사회적 접근성이 작았지만, 지금은 사회적 접근성의 영향이 커졌다. 사회적 접근성 영향이 커지면서 물리적 접근성의 영향은 상대적으로 작아졌다고 볼 수 있다. 현대 도시에서 사람들의 특정 장소에 대한 접근성에서 사회적 접근성의 영향을 크게 받는 이유는 가상공간(Internet)의 영향이 가장 크다고 볼 수 있다. 가상공간 안에는 도시의 대부분 사회적 공간(장소)에 관한 정보들이 저장되어 있어, 현대 도시인은 개인 맞춤형 장소로 이동하는 데 있어 과거보다 다양한 장소를 선택할 수 있는 폭이 넓어졌다. 과거 도시인은 자신이 방문한 장소와 지인이 소개하는 장소를 사회적 접근의 목적지로 하였다면, 지금은 자신이 방문하지 않았던 장소도 가상공간에 저장된 장소 정보를 통해 개인 맞춤형 장소를 선택할 수 있게 되었다. 예를 들어 현대인은 개인 맞춤형 장소로 이동하기 위해 가상공간(Internet)에서 장소에 관한 정보를 검색하여 해당 장소를 가상공간에서 미리 간접체험을 함으로써 가장 선호하는 장소를 선택한다. 이러한 가상공간에서 공간/장소/위치에 대한 정보는 WWW(World Wide Web)을 통해 제공되는 위치를 기반으로 하는 소셜 네트워크 서비스(Location Based Social Network Service)에서 얻게 된다. 맞춤형 장소로

이동이 가능해진 것은 IT(Information Technology)의 발전으로 스마트폰의 높은 보급률과 스마트폰에서 생성된 장소 관련 정보의 축적으로 형성된 빅 데이터에 AI(Artificial Intelligence)가 더해지면서 실현되었다.



[그림 1-5] 공간분석 이론적 틀의 변화

인간의 이동은 지리적으로 제한된 주기적인 움직임과 사회적 네트워크와 관련이 있는 무작위 점프 현상이 같이 작용한다.¹⁾ 개개인 이동경로의 다양성에도 불구하고 일정한 패턴을 따른다.²⁾ 도시에서 인간의 이동패턴에 큰 영향을 미치는 공간구조로부터 특정 지역의 인간이동패턴을 들여다 볼 수 있다. 이러한 배경으로부터 인간이동패턴은 물리적 접근성에 의해 결정된다는 전제로 개발된 공간분석기법이 바로 공간구문론이다. 이러한 방법론은 과거 도시와 같이 인간의 장소들에 대한 인지력이 낮고, 그 범위 또한 제한적이어서 자신이 가봤던 장소나 지인의 소개로 알게 된 장소가 이동 목적지로 되기에 물리적 접근성의 영향을 사회적 접근성의 영향보다 더 크게 받았을 것이다. 때문에 과거 도시의 물리적 접근성에 따른 공간분석기법을 적용하는 것이 적합한 방법론이었을 수 있다. 그러나 현대 사회에 들어 인간의 이동패턴에 미치는 사회적 접근성의 영향력이 과거에 비해

1) Cho E, Myers SA and Leskovec J (2011) Friendship and mobility: User movement in location-based social networks. In Proceedings of the 17th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Diego, CA, USA, 21-24 August 2011, pp. 1082-1090. New York, NY, USA: ACM.

2) Gonza'lez MC, Hidalgo C and Baraba' si AL (2008) Understanding individual human mobility patterns. Nature 453(7196): 779-782.

많이 높아졌다. 그 이유는 현대 도시인은 이동할 목적지 장소에 관한 정보를 쉽게 접할 수 있게 되면서 인지할 수 있는 장소의 다양성과 공간적 범위 또한 커졌다. 그리고 현대 도시인은 도시의 지하철노선과 고속도로가 잘 구축되고, 자동차의 보급률도 높아져 높은 이동성을 갖게 되었다. 따라서 현대 도시인은 장소에 대한 사회적 접근성이 과거에 비해 좋아 졌다.

1980년대 공간구문론(Space Syntax)의 등장과 함께 인간이동패턴 예측에 탁월함이 밝혀졌다. 그 이후로 도시 가로 공간은 물론 사무실, 쇼핑몰 등의 단일 건축 공간에서도 탁월한 인간이동패턴 예측력을 보임이 밝혀지게 되고, 급기야 다양한 규모의 건축·도시 공간과 현대, 근대는 물론 중세, 고대의 건축·도시까지 공간구문론 분석의 적용 대상으로 확대되었다. 공간구문론의 적용·활용의 확대는 물론 이론 자체적 발전 역시 거듭되어 왔다. 공간구문론은 건조환경의 물리적 공간을 공간구조로 추상화시키는 방법으로 축선도(axial map)와 볼록 공간도(convex map) 형태가 대표적이다. 이후 공간구조 재현 방법으로 지점 기반 공간구문론(point-based space syntax)³⁾, 실제 가로명 기반 그래프(district-name based graph)⁴⁾, 자연도로 기반 그래프(road-based graph)⁵⁾, 분절 축선도(segment axial map)⁶⁾, 연속 축선도(continuity line map)⁷⁾ 등이 제안된 바 있고, 가시성그래프 분석(Visibility Graph Analysis)을 통하여 격자 배열도(grid map)이라는 새로운 공간 재현 방법이 제안되기도 하였다. 공간 재현 방법 측면에서의 발전뿐만 아니라, 재현된 공간구조를 정량화하기 위한 지표 산출 방식 측면에서도 발전이 있었다. 공간구문론의 통합도(Integration) 외에 선정도(Choice value)와 ERAM과 같

3) Jiang, B. & Claramunt, C., Integration of Space Syntax into GIS: New Perspectives for Urban Morphology, Transactions in GIS, 6(3), 2002.

4) Jiang, B. & Claramunt, C., Topological Analysis of Urban Street Networks, Environment and Planning B, 31(1), 2004.

5) Jiang, B., Zhao, S., Yin, J. Self-organized Natural Roads for Predicting Traffic Flow: A Sensitivity Study, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 2008.7.

6) Dalton, N. C., Peponis, J., Conroy Dalton, R., To tame a TIGER one has to know its nature: Extending weighted angular integration analysis to the description of GIS road-centerline data for large scale urban analysis, Proceedings of the 4th International Symposium on Space Syntax, 2003.

7) Figueiredo, L., Amorim, L., Continuity lines in the axial system, Proceedings of the 5th International Space Syntax Symposium, 2005.

은 또 다른 중앙성(centrality) 지표의 도입이 있었다.

공간구문론의 발전은 이동행태패턴(통행량)의 예측력을 향상시키는 방향으로 흐르게 되었고, 이동시 방향전환이나 이동거리 등과 같은 인간이동행태에 영향을 미치는 물리적 요소를 반영하고자 하는 시도들이 생겨났다. 이는 ‘가중’ 개념을 공간구조(공간 네트워크)에 반영하는 방식으로 나타났고, 공간 네트워크에서 연결성의 정도에 대한 수치적 개념인 깊이(depth)에 각도가중 개념 또는 거리가중 개념을 도입·적용하려는 시도가 생겨났다⁸⁾. 이렇게 공간구문론 탄생 이후 공간분석기법 자체의 예측력을 향상시키기 위해 ‘공간 재현 방식’, ‘분석 지표 산출 방식’ 및 ‘가중 개념 도입 방법’ 등 측면에서 상당한 발전을 가져왔다. 이에 관련 하여 뒷 장절에서 자세히 설명하고자 한다.

공간구문론은 도시 공간구조에 변화가 있을 때 도시 전반적인 지역에 영향을 미치게 되는 영향을 정량화 할 수 있는데 큰 의미를 갖는다. 이와 같은 공간구문론의 특성을 활용하여 도시계획설계에 적용하여 도시 각 지역의 예상되는 인구이동현황을 파악할 수 있다. 특히 신도시나 도시재개발과 같은 도시개발계획을 수립할 때 계획설계된 도시 공간구조의 적합여부에 대해 객관적인 정량화된 분석결과로부터 확인할 수 있어 기존 공간구문론의 활용가치가 높다. 그러나 지금 도시개발은 기존 도시 시가지가 있는 기초에서 도시재개발과 도시재생과 같은 도시계획을 해야 하는 경우가 더 많다. 그 이유는 2020년 기준 한국의 도시화율은 83.1%이고, 세계의 도시화율은 56.2%에 도달하게 되고⁹⁾, 지금 전 세계 많은 도시에서 도시쇠퇴, 젠트리피케이션과 같은 도시문제가 속출하고 있기 때문이다. 또한 인구급감으로 인해 부동산 방치, 공공시설 운영적자 등에 의한 재정적 흑자가 나타나고 있어, 신규개발을 통한 도시규모의 확장보다 ‘축소도시’로 해결¹⁰⁾하려는 이론

8) Turner(2000, 2001)의 각도 가중, Turner(2001)의 거리 가중, Turner(2007)의 각도와 거리 동시 가중, 박근송(2013)의 각도와 거리 동시 가중, Cho(2006)의 ERAM 모델에 각도 가중, 박근송(2014)의 ERAM 모델에 거리 가중, 박근송&김민석(2016)의 ERAM 모델에 각도와 거리 동시 가중, Kim&Piao(2017)의 거리 가중 등이 있다. 이와 관련된 자세한 내용은 다음 장절에서 기술하고자 한다.

9) 통계청 통계서비스기획과:

http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_2KAA204#

10) 구형수, 김태환, 이승욱. (2017). 지방 인구절벽 시대의 ‘축소도시’ 문제, 도시 다이어트로 극복하자. 국토정책 Brief.

연구와 정책연구가 수행되고 있는 상황이기도하다. 그래서 물리적 건조환경의 공간구조만 고려한 도시 공간분석에서 사회적 환경도 같이 고려하는 도시 공간분석이 필요한 시기이다.

도시계획설계에서 공간분석기법을 적용하는 것은 객관적인 분석결과에 따른 접근방식으로써 객관적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 현재 도시문제들을 해소하기 위한 도시재생이나 젠트리피케이션 현상에 관한 도시계획설계를 수립하기 위해서는 물리적 건조환경에 대한 개선만으로는 한계가 있다. 따라서 위와 같은 도시문제를 해결하기 위해 지역 사회특성을 고려한 도시재생활성화계획을 수립하고 있다¹¹⁾. 이는 도시문제를 해결하기 위한 도시재생 계획설계에서 물리적 환경뿐만 아니라 도시 사회현황도 같이 고려해줘야 함을 시사한다.

도시는 구성요소간의 조화를 이루며 정적인 공간체가 아닌 시공간적으로 움직이는 동적 공간체로 작동한다.¹²⁾ 또한 도시는 시간이 흐르면서 꾸준히 성장하고 살아 움직이는 유기체처럼 변화하는 모습을 보인다.¹³⁾ 기존 공간구문론의 공간분석기법 자체에 대한 연구들은 공통적으로 정적(靜態)인 건축·도시 건조환경에 의해 형성된 공간을 분석 대상으로 하였다. 이것은 인간의 이동은 단순 정적인 물리적 건조환경의 영향만 받고 있음을 전제로 하기 때문이다. 그러나 앞서 기술한 바와 같이 현대 도시에서 인간들의 이동패턴은 물리적 접근성의 영향을 받기도 하지만, 사회적(social) 접근성의 영향이 커져 이 두 가지 접근성의 영향을 같이 고려해줄 필요가 있다.

본 연구는 이러한 맥락에서 공간분석이론의 대표적인 공간구문론의 공간분석기법 틀이 갖는 시대적 한계를 살펴보고자 한다. 그리고 물리적 접근성과 같이 인간이동패턴에 영향을 크게 미치고 있는 사회적 접근성을 고려한 공간구조/공간네트워크를 제안한다. 제안된 공간 네트워크 검증은 실제 유동인구와 도시현황과의 정량적 정성적 비교분석을 통해 수행하고자 한다.

11) 서울특별시. (2015). 2025 서울시 도시재생전략계획.

12) 황용주, 도시계획원론, 도서출판 녹원, 1983. p.115-117.

13) 정영환, 大規模 開發에 따른 都市空間의 構造的 特性 變化에 關한 研究, 박사학위논문, 2007. p.1.

1.1.2. 연구의 목적

기존 공간구문론의 이론적 틀은 물리적 접근성의 영향을 크게 받는 건축·도시 공간을 분석하는데 객관적인 설명력을 보였고, 많은 관련 연구자들의 선행연구에서도 충분히 검증이 되었다. 앞서 기술한 바와 같이 기존 공간구문론(Space Syntax)의 정적(靜態)인 물리적 공간 네트워크를 분석하는 것으로는 현대 도시에서의 다이내믹하게 변화하는 인간이동패턴을 설명하는 데 한계가 있다.

본 연구의 목적은 기존 공간구문론의 정적(靜態)인 물리적 공간 네트워크를 분석하여 사회현상을 예측하는 공간분석기법으로는 현대 도시의 다이내믹하게 변화하는 지역 사회현상을 설명하는 데 한계가 있어, 가상공간(Internet)에서의 동적(動態)인 사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network) 이론을 정립하여, 기존의 정적(靜態)인 물리적 공간 네트워크와 통합 고려한 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network) 이론을 정립하고자 한다. 세부적인 연구의 목적 및 그에 따른 과제는 다음과 같다.

(1) 공간구문론의 시대적 한계점 제시

공간구문론(Space Syntax)은 물리적 공간구조와 사회구조의 상호 영향관계를 이론적 틀로 하는 Hillier의 주장에서 탄생한 공간분석이론이다. 공간구문론은 물리적 환경에서 특정 공간에 대한 접근성을 정량화하는 방법으로 공간을 분석하여 객관화하는 공간분석기법이다. 접근성을 정량화하기에 앞서 복잡한 건조환경을 공간 네트워크로 추상화시키는 단계가 필요하다. 따라서 본 연구는 공간 네트워크를 구축하는 방법론에 초점을 맞추어 연구 내용을 전개하고자 한다. 공간 네트워크를 처음 활용하였던 그래프 이론(Graph Theory)의 발전과정을 살펴보고, 그래프 이론을 착안하여 도시의 구조를 들여다보고자 했던 Alexander와 Kruger의 도시 공간 네트워크 구축방법을 검토한다. 이와 같은 선구자의 뒤를 이어 공간구문론(Space Syntax)이 등장하고, 발전되어온 배경으로부터 기존 공간구문론에서 사용되는 다양한 공간 네트워크의 정적(靜態)인 특징을 확인한다. 한편으로는 현대 도시의 인간 사회현상의 다이내믹한 변화상을 관련 연구를 통해 살펴봄으로써 기존 공간구문론의 정적 공간 네트워크의 시대적 한계점을 확인하고자 한다.

(2) 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터를 활용한 사회적 공간 네트워크 구축

현대 도시에서 인간의 이동패턴에 영향을 미치는 사회적 접근성은 과거에 비해 훨씬 좋아졌다. 앞서 기술한 바와 같이 도시의 많은 장소들에 관한 정보를 가상공간(Internet)을 통해 쉽게 얻을 수 있어 사람들의 이동 목적지가 다양해지고 공간적 범위가 넓어졌기 때문에 도시 전반적인 이동패턴에 영향을 미치고 있다. 가상공간에서 장소 정보를 얻을 수 있게 된 것은 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network) 빅 데이터(Big Data)가 있기 때문이다. 현대인의 일상생활에서 방문했던 장소 정보가 위치 기반 소셜 네트워크란 가상공간 상의 서비스를 통해 축적되고, 또 이를 바탕으로 사람들에게 맞춤형 장소를 추천해주기도 한다. 이렇게 장소들 사이에서 사람들이 이동한 경로를 추적하여 각 장소들 사이의 사회적 연결 관계를 재현할 수 있다. 이런 맥락에서 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터에서 눈에 보이지 않지만 인간들에 의해 사회화된 공간(장소)들 사이에 형성된 무형의 사회적 연결 관계를 찾을 수 있다. 사회적 연결 관계는 인간의 사회활동에 의해 형성되는 것임으로 사회적 공간(장소) 네트워크(Social Spatial Network)는 동적(動態)이라고 볼 수 있다. 동적인 사회적 공간 네트워크로 현대 도시의 다이내믹한 지역 사회현상을 들여다보는 것으로 기존 공간구문론의 정적 공간 네트워크의 한계를 해소할 수 있다.

사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network)를 구축하기 위해 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network) 빅 데이터(Big Data)를 수집, 정제, 가공하여 장소와 장소를 연결하는 사회적 연결 고리인 link/edge를 도출한다. 최근 LBSN(Location Based Social Network)은 도시 분석을 위한 도구로 사용되고 도시계획에 적용할 수 있는 높은 잠재력을 갖고 있다.¹⁴⁾ 또한 LBSN의 시공간적 분석은 인간의 집단 이동과 관련하여 도시 역동성을 설명하는데 큰 잠재력을 갖고 있다.¹⁵⁾ LBSN에 관한 자세한 설명은 뒷 장절에서 기술하고자 한다.

14) Ratti C, Pulselli RM, Williams S, et al. (2006) Mobile landscapes: Using location data from cell phones for urban analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design* 33(5): 727-748.

15) Steiger, Enrico & Westerholt, Rene & Resch, Bernd & Zipf, Alexander. (2015). Twitter as an indicator for whereabouts of people? Correlating Twitter with UK census data. *Computers Environment and Urban Systems*. 54. 255 - 265. 10.1016/j.compenvurbsys.2015.09.007.

(3) 기존 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크의 통합

기존 공간구분론을 비롯한 기타 많은 공간분석기법에서 사용되는 공간 네트워크는 인간의 이동행태에 영향을 주는 물리적 환경에 따른 접근성을 정량화하기 위해 구축되었다. 도시로 보았을 때 정적 공간 네트워크로 지역의 일반화된 사회 구조(사회현상)를 설명할 수 있다. 이것은 인간의 이동행태가 물리적 환경의 영향만 받는다는 전제에서 가능한 방법이다. 그러나 현대 도시의 지역 사회는 물리적 공간구조에 큰 변화가 없음에도 다이내믹한 변화를 보인다. 본 연구는 도시의 다이내믹한 변화는 물리적 접근성과 사회적 접근성이 동시에 작용한 결과로 보고 이 두 가지 접근성을 동시에 고려한 공간분석기법을 제안하고자 한다. 그래서 본 연구는 현대 도시 공간분석을 위한 공간 네트워크로서 정(靜)적인 물리적 공간 네트워크와 동(動)적인 사회적 공간 네트워크를 동시에 고려한다. 두 가지 유형의 공간 네트워크를 동시에 공간분석기법에 적용하기 위해 하나의 다중 네트워크(Multiplex Network)로 통합한다. 네트워크 과학에서 여러 유형의 네트워크에 있는 특정 노드(node)가 한 네트워크의 영향만 받는 것이 아니라 다른 네트워크의 영향도 같이 받고 있을 때 한 노드(node)에 여러 가지 유형의 에지(edge)가 연결되어 있는 경우에 다중 네트워크(Multiplex Network)를 사용한다. 물리적 공간에 포함되어 있는 사회적 공간들 사이의 사회적 연결과 물리적 공간들 사이의 연결이 동시에 어떤 특정된 사회적 공간들 사이에 존재한다. 이와 같은 공간과 공간사이의 물리적 연결과 사회적 연결이 동시에 존재하는 공간 네트워크로서 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network) 이론을 정립하고자 한다. 그리고 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network) 구축 방법을 수립한다. 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)에 관해서는 뒷 장절에서 자세히 설명하고자 한다.

(4) 사회·물리적 공간 네트워크 검증

새로운 공간분석기법의 검증방법은 기존 공간분석기법과 비교분석하여 그 유효성을 확인하는 것이다. 본 연구에서 제안한 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)를 적용한 도시 공간분석기법을 기존 공간구분론과 비교분석하고자 한다. 검증을 위해 분석대상지를 선정하여 정량적 비교와

정성적 비교분석을 한다. 위 두 가지 공간분석기법의 유효성을 비교하기 위해 정량적 비교분석은 분석대상지의 실제 유동인구와 통계적 회귀분석을 하고, 정성적 비교분석은 분석대상지의 지역현황으로 하고자한다.

1.2. 연구의 방법 및 구성

1.2.1. 연구의 방법

상술한 연구의 목적에 따라 본 연구는 도시 공간분석을 위한 공간 네트워크 재현방법을 새로이 제안하고, 실제 도시에 적용 및 검증하고자 한다. 구체적인 연구 방법은 아래와 같다.

1) 과거와 현대 도시에서의 인간 사회현상의 차이점을 통해 기존 공간구문론(Space Syntax)의 ‘물리적 공간과 사회구조/사회현상의 상호작용’한다는 원론적인 개념의 유효성과 문제점을 검토한다.

2) 가상공간(Internet)에서의 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network)의 영향으로 형성된 동적(動態)인 사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network) 이론을 정립하고 구축 방법을 수립한다.

3) 동적(動態)인 사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network)와 기존의 정적(靜態)인 물리적 공간 네트워크(Physical Spatial Network)의 영향을 동시에 고려하는 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)의 이론을 정립하고 구축 방법을 수립한다.

4) 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)를 실제 유동인구와 통계적 비교분석으로 유효성을 검증한다. 여기서 사회·물리적 공간 네트워크를 기존의 물리적 공간 네트워크와 비교 분석하고 분석 대상은 국내 대도시인 서울특별시로 선정하였다.

위와 같이 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN) 빅 데이터(Big Data)를 수집, 가공, 정제를 통해 사회적 공간 네트워크를 구축한다. LBSN 데이터는 Foursquare에서 제공하는 데이터를 수집하여 활용한다. 여기서 Foursquare LBSN Big Data를 수

집하기 위해 Foursquare Open API(Application Programming Interface)에서 Python 기반 프로그램을 개발하도록 한다. 또한 수집된 데이터를 가공 및 정제를 위한 프로그램도 Python 기반으로 개발하도록 한다. 그리고 LBSN Big Data 기반으로 구축된 사회적 공간 네트워크를 기존 물리적 공간 네트워크와 통합시키기 위한 프로그램도 Python 기반으로 개발한다. 마지막으로 구축된 사회·물리적 공간 네트워크(유형 그래프)를 대상으로 통합도 분석을 위한 프로그램을 Python 기반으로 개발한다. 그리고 물리적 공간 네트워크로 활용할 축선도(axial map)는 기존 Jiang, B의 GIS(Geographic Information System) 프로그램을 기반으로 개발된 도로 중심선 기준 축선도 생성 도구를 활용한다. 각 공간 네트워크의 분석결과를 가시화하기 위해 본 연구에서는 ArcGIS Pro를 사용한다.

1.2.2. 연구의 구성

첫 번째 부분은 1장과 2장에 해당하는 것으로서 연구의 이론적 배경 및 관련 이론을 살펴보고 기존 공간분석이론의 문제점을 제기한다.

1장 ‘서론’에서 공간분석이론의 탄생 배경 및 시대적 한계를 살펴보고, 현대 사회에서 인간의 이동성은 가상공간의 영향도 받고 있음을 제시한다.

2장 ‘공간분석이론과 공간분석기법’에서 기존 공간분석이론을 검토하고, 공간분석이론의 분석 대상인 공간 네트워크의 특성을 살펴본다. 현대 사회에서 인간의 이동행태는 물리적인 공간의 영향 외에 가상공간의 영향을 동시에 받고 있음을 논리적으로 전개한다. 동시에 동적 공간 네트워크 공간분석의 필요성을 대두시킨다.

두 번째 부분은 3장과 4장에 해당되는 것으로서 기존 공간분석이론에 적용되는 정적 공간 네트워크를 개선하기 위한 사회·물리적 공간 네트워크 개념을 정립하고 상응한 공간 네트워크 구축 방법을 제안한다.

3장 ‘사회·물리적 공간 네트워크’에서 사회·물리적 공간 네트워크의 정의를 내린다. 기존 물리적 공간 네트워크 개념을 검토하고, 가상공간에서 위치 기반 소셜 네트워크에 의해 형성된 위치(장소) 네트워크를 개념화 한다. 그리고 이 두 가지

네트워크를 통합시킨 사회·물리적 공간 네트워크의 개념을 정립한다.

4장 ‘사회·물리적 공간 네트워크 구축 방법’에서 사회적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크의 영향을 동시에 고려하는 방법론을 제안하여 사회·물리적 공간 네트워크를 구축하는 방법을 제안한다.

세 번째 부분은 5장에 해당하는 것으로서 새로이 수립된 사회·물리적 공간 네트워크를 실제 도시 공간분석에 적용하여 그 유효성을 검증한다.

5장 ‘사회·물리적 공간 네트워크의 검증’에서 기존 물리적 공간 네트워크와 비교분석을 하여 검증한다. 비교분석 방법은 정량적 비교방법으로 검증한다. 비교분석은 실제 유동인구 데이터와 상관관계 분석을 통해 수행된다.

마지막으로 6장 ‘결론’에서 본 연구의 전반적인 연구내용을 요약하고, 본 연구의 학문적 의의와 한계를 기술한다.



[그림 1-6] 연구의 구조 및 흐름도

제 2 장 관련 이론 및 선행연구 고찰

2.1. 도시공간구조 이론

2.2. 공간분석이론

2.3. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)

2.4. 선행연구 검토

2.5. 다이내믹한 도시 공간분석을 위한
공간분석기법 개발의 필요성

2.1. 도시공간구조 이론

2.1.1. 도시공간구조의 개념

도시공간구조는 도시를 구성하는 요소들과 이 요소들간의 상호관련성, 즉 모든 요소들의 총체와 각 요소들 사이의 관련성을 뜻하며, 공간의 변화는 요소들의 분포로 인해 공간적 구조를 산출하는 메커니즘을 의미한다.¹⁶⁾ 이러한 공간구조와 공간의 변화는 순환적인 인과관계를 갖고 있어 공간구조는 정적인 분포와 동적인 변화의 개념을 내포하고 있다.¹⁷⁾

Chapin(1979)은 도시공간구조를 도시지역의 주요요소들의 시간과 공간의 변화를 경험하면서 진화함에 따라 나타나는 그들 상호간의 질서 및 상호관계에 관련 되는 것으로 보고, 그 접근방법의 차이에 따라 첫째, 인간행태에 초점을 두는 공간구조체계, 둘째, 물리적 구조와 형태에 초점을 두는 공간구조체계로 구분하고 있다.¹⁸⁾

Kevin Lynch(1960)는 도시공간구조를 주로 시각적 인지의 측면에서 도시의 이미징으로서 통로(path), 지구(district), 연변(edge), 표지물(land mark), 결절점(node) 등 5가지의 개념으로 보았다.

노춘희(1996)는 인간에 의해 형성된 도시활동을 도시기능(function)이라 하고, 도시토지와 시설에 관계되는 것을 도시공간구조(structure)라 보고, 도시 기능과 구조는 도시학의 주요 연구대상이 되고 있다고 하였다.

김형국(1997)은 공간 위에 자리 잡고 있는 사물과 현상은 그 땅을 이용하거나 또는 땅에서 영향을 받는 사람의 선택이 낳은 산물로 정의하고, 이것은 공간상의 움직임으로 이해하고 공간구조(spatial configuration)를 공간과정으로 정의한다. 공간과정은 필연적으로 공간구조를 만들고 이러한 공간과정은 분포의 공간구조를 만드는 기제로 작용하여 공간상에서 차별적으로 나타난다.

16) 김길수, 도시공간구조에 관한 이론적 연구, 全北行政學報, 第10輯, 1996. p.200.

17) 위와 같은 문헌

18) 위와 같은 문헌

2.1.2. 도시공간구조의 분석방법

앞서 기술한 바와 같이 도시공간구조를 정의하는 데 있어 선구자 별로 각자 다른 정의를 내리고 있지만 공통적으로 물리적 구조 형태와 인간행태 두 가지 측면으로 접근하고 있다. 이러한 도시공간구조에 대한 정의로부터 이에 대한 분석방법도 상응한 측면으로 접근되고 있다. 기존 도시공간구조를 분석하는 방법으로 토지이용패턴분석, 밀도경사 분석, 공간통계학적 분석 및 공간형태학적(Morphology) 분석 4가지로 정리할 수 있다.¹⁹⁾ 기존 도시공간구조 분석방법은 크게 사회적 구성요소와 물리적 구성요소 2 가지 측면에서 접근하고 있다.

[표 2-1] 도시공간구조 분석유형(박인수, 2004, 부분 재구성)

분석 대상	분석 유형	특징	비고
사회적 구성요소	토지이용패턴 분석	토지이용패턴의 변화 관찰	
사회적 구성요소	밀도경사 분석	인구밀도, 지가 등의 밀도경사를 관찰	
사회적·물리적 구성요소	공간통계학적 분석	도시의 구성요소를 통계학적으로 분석	인구, 고용, 상업시설, 공공서비스시설, 도시기반시설 등
물리적 공간구조	공간형태학적 분석	도시공간의 물리적 형태나 연결관계 또는 시각적 특성에 따른 고유한 속성을 정량적으로 분석	공간구문론(Space Syntax), VGA(Visibility Graph Analysis), ERAM 모델 등

기존 사회적 구성요소와 사회적·물리적 구성요소에 대한 양적인 분석방법과 물리적 공간구조에 대한 시스템적인 분석방법으로 도시공간구조의 특성을 파악하고 있다. 이러한 도시공간구조 분석방법은 각자 장점과 단점을 갖고 있다. 사회적 구성요소에 대한 분석방법은 실제 도시인의 일상생활을 반영한 도시 중심지와 생활권을 파악할 수 있어 도시재개발계획에 적용할 수 있다. 반면 동(動)적인 사회

19) 박인수, 대규모 택지개발로 인한 도시공간구조 변화가 상업시설 분포에 미치는 영향에 관한 연구, 2004. p.7.

적 구성요소와 정(靜)적인 물리적 구성요소의 상호작용에서 나타나는 특성을 파악할 수 없고, 신규 개발되는 신도시개발계획에 적용할 수 없다. 그러나 물리적 공간구조에 대한 분석방법은 도시공간구조 상 각 단위공간의 상대적 중요도를 확인할 수 있어, 도시재개발계획이나 신도시 개발계획에서 계획안의 적절성을 정량적으로 평가할 수 있다. 반면 정(靜)적인 물리적 공간구조를 분석 대상으로 하여 계속 변화하는 동(動)적인 사회적 구성요소를 반영하기 어렵다.

[표 2-2] 도시공간구조 분석 대상에 따른 장단점

	사회적 구성요소	물리적 공간구조
장점	실제 도시인의 일상생활을 반영한 도시 중심지와 생활권을 파악할 수 있음	도시공간구조 상 각 단위공간의 상대적 중요도를 확인할 수 있음
단점	동(動)적인 사회적 구성요소와 정(靜)적인 물리적 구성요소의 상호작용에서 나타나는 특성을 파악할 수 없음	정(靜)적인 물리적 공간구조를 분석 대상으로 하여 계속 변화하는 동(動)적인 사회적 구성요소를 반영하기 어려움
적용 대상	도시재개발계획	신도시개발계획, 도시재개발계획

본 연구는 도시공간구조를 구성하고 있는 물리적 공간구조와 사회적 구성요소를 하나의 시스템으로 고려한 도시공간구조 분석방법을 제안하고자 한다. 이러한 접근방법은 동(動)적인 도시공간구조를 분석하는 데 있어 기존 정(靜)적인 물리적 공간구조에 대한 분석에서 나타나는 한계점을 동(動)적인 사회적 구성요소로 보완해주는 역할을 해줄 것으로 보인다.

본 연구에서 제안하고자 하는 물리적 공간구조와 사회적 구성요소의 시스템적 도시공간구조 분석방법은 기존 형태학적 도시공간구조 분석 방법의 대표 방법인 공간구문론에 최근 도시 사회적 구성요소들의 특성을 분석하는데 새로운 영역으로 떠오르는 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network) 빅 데이터(Big Data)를 통합 고려하는 방법론이다. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN) 빅 데이터(Big Data)에 관한 자세한 내용은 뒤에서 설명하도록 한다.

2.2. 공간분석이론

2.2.1. 공간분석이론의 개요

공간분석이론은 건축·도시와 같은 건조환경의 공간 형태학적(Morphological) 분석방법으로 도시공간구조를 추상화시킨 그래프(네트워크)로 보고 그래프 상 각 노드(단위공간)의 상대적 위상관계로부터 단위공간의 중요도를 정량화하는 방법론이다. 건축과 도시의 공간 네트워크가 주요 분석 대상으로 부각된 이유는 건축·도시 환경이 인간의 사회적 현상을 조정하고 통제하고 제한하고 있기 때문이다(Hillier & Hanson, 1984; 이진경, 2000). 이러한 측면에서 공간분석이론은 건조환경에 의해 형성된 공간의 네트워크의 정량화를 통해 공간에 내재된 사회적 현상을 해석하는 이론으로 정의할 수 있다.

공간분석이론에서 공간 네트워크를 공간구성(spatial configuration)이란 표현을 사용한다. 그 이유는 현실 세계를 추상화 시킨 공간 네트워크 안에서 공간(node에 해당)이 전체 공간 네트워크에서의 상대적 위치를 정량화하여 보여주기 때문이다. Hillier(1996)는 그의 「Space is the Machine」에서 부제로 ‘A Configuration Theory of Architecture’를 사용하였다. 공간과 공간의 상대적 관계 속에 인간의 사회 현상이 담겨져 있다고 해도 무방하다. 인간은 건축이나 도시의 공간 속에 있고 그 공간들의 시스템에 따라 이동행태가 구속받고 통제된다. 그래서 공간 네트워크(시스템)에 있는 각 공간의 상대적 위치 혹은 위상관계를 파악하면 상응한 인간의 이동행태패턴이 보이고 따라서 사회적 현상도 보인다.

이러한 맥락에서 건축·도시 건조환경을 공간 네트워크로의 추상화 재현과 정량화 기법이 실제 건조환경에서의 인간의 사회적 현상을 제대로 파악하기 위한 중요한 전제조건이다. 우선 공간분석이론에서 공간 네트워크의 재현을 위해 다양한 현실 공간을 단순화한 일정한 단위공간²⁰⁾으로 구분시켜 각 단위공간들 사이의 이동성과 가시성을 기준으로 연결한다. 이 과정에서 건축과 도시 환경에서 다양한 공간들을 일정한 균질화한 단위공간으로 설정하는 기준이 필요하다. 이와 관련하여 Hillier와 다른 많은 연구자들에 의해 검증된 단위공간으로 건축 공간은 볼록 공간(convex space), 도시 혹은 대형 공간은 축선(axial)이 있다. 이에 관한 자세한

20) 단위공간이란 실제 건조환경의 공간들을 일정한 규칙에 의해 구획된 공간을 가리킨다.

한 설명은 다음 장절에서 하도록 한다. 두 번째로 공간분석이론에서 중요하게 작용하는 공간 네트워크의 각 단위공간의 위상적 관계를 정량화 할 평가 지표의 설정이다. 공간분석이론의 원조인 공간구문론에서는 대표적인 지표로 통합도(Integration)를 사용하고 있다. 이 외에 공간분석에서 사용되는 지표로 사회연결망 분석에서 사용되는 사이 중앙성(betweenness centrality)을 사용하기도 하고 인접행렬의 고유벡터 성분비로 하는 ERAM 지표도 있다. 이에 관한 자세한 설명은 다음 장절에서 기술하도록 한다.

2.2.2. 그래프 이론

(1) 그래프 이론 개요

앞서 기술한 바와 같이 공간분석이론은 공간 네트워크의 추상화 재형과 위상관계를 정량화하는 지표로 구분해 볼 수 있다. 공간 네트워크를 분석하는 이론이기에 간단히 말하자면 네트워크를 정량화하는 이론이라 할 수 있다. 네트워크 분석에 관한 연구는 오랜 역사를 갖고 있다. 공간분석이론이 탄생하기도 전에 1736년 오일러가 쾨니히스베르크 다리건너기에 얽힌 수수께끼를 푸는 과정에서 시작됐다. 쾨니히스베르크를 추상화시킨 4개 node와 7개 edge로 구성된 그래프로 한번에 7개 다리를 건너는 방법이 없음을 수학적으로 증명되면서 그래프 이론(Graph Theory)이 학문분야로 태동하기 시작했다. 지금 그래프 이론은 컴퓨터 과학 분야에도 영향을 미치고 있고, 건축·도시 분야에도 공간분석이론을 만드는데 큰 영향을 미쳤다.

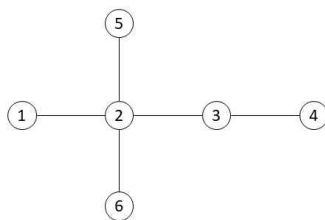
그래프 이론에서 정의하고 있는 node와 edge로 다양한 분야의 복잡한 시스템을 그래프(네트워크)로 재현 가능하다. 예를 들어, 항공노선, 도로교통, 회로도, 컴퓨터 통신망, 사회학, 언어학, 건축학 등 분야에서 사용된다. 그래프 이론에서 그래프의 특성을 정량화 기법으로 표현하기 위해 여러 가지 지표들이 개발 되었다. 예를 들어, 편심거리, 총거리, 연결 정도 중앙성, 인접 중앙성, 사이 중앙성, 고유벡터 중앙성; 이 외에 연결도의 분포도 양상 등이 있다.



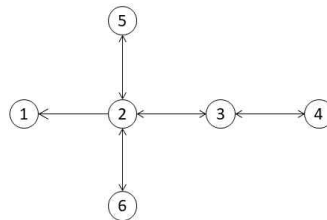
[그림 2-1] 쾨니히스베르크 일곱 다리와 그래프

(2) 그래프/네트워크

그래프 이론에서 그래프는 노드(node)와 에지(edge)로 구성된다. 노드를 번호로 표기하여 각 노드 사이의 에지는 노드의 번호 조합으로 표현한다. 예를 들어 [그림 2-2]와 같이 총 6개의 노드로 구성된 그래프에서 노드는 번호로 표기하고, 에지는 (1,2)과 같이 노드-1과 노드-2의 연결로 표현할 수 있다. 에지의 표현에서 두 노드사이에 방향성이 있는 연결 관계일 때 그 방향성에 순서로 표현할 수 있다. 노드-2에서 노드-1로의 이동이 가능한 연결 관계라면 에지 (2,1)로 표현한다 (그림 2-3). 그래프는 방향성의 유무에 따라 유향 그래프(directed graph)와 무향 그래프(undirected graph)로 구분한다. 그래프에서 에지의 방향성은 이동성의 방향을 표현한 것으로 해석할 수 있다. 예를 들어 건축과 도시와 같은 공간을 유향 그래프로 표현하였다면 두 공간사이에 이동방향이 정해져 있다고 볼 수 있다. 예를 들어 도시 공간에서 가로망이 대표적인 그래프라 할 수 있는데, 도시에서 차량의 이동방향이 정해져 있기 때문에 이럴 경우 유향 그래프로 표현하는 것이 타당하다.



[그림 2-2] 무향 그래프

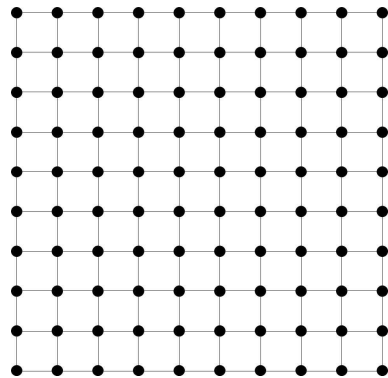


[그림 2-3] 유향 그래프

그래프 이론은 건축과 도시뿐만 아니라 물리학, 화학, 생물학, 천문학, 유전학, 의학, 사회학, 경제학, 컴퓨터과학 등 분야에서도 폭 넓게 적용되면서 다양한 그래프들이 연구 대상이 되고 있다. 사회학에서는 사회연결망, 생물학에서는 단백질의 상호 작용 관계망, 통신에서는 통신망과 인터넷 등에 그래프가 활용된다. 그래프는 초기 수학에서 처음 도입된 용어로, 그래프와 같은 의미를 갖는 네트워크는 이미 수학 이외의 분야에서 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서도 네트워크라는 용어를 사용하고자 한다. 다양한 분야에서 다루는 네트워크는 여러 가지 유형이 있다. 대표적으로 정규 네트워크(regular network), 무작위 네트워크(random network), 좁은 세상 네트워크(small-world network), 척도 없는 네트워크(scale-free network)가 있다.

① 정규 네트워크

정규 네트워크는 노드에 직접 연결되어 있는 에지의 개수가 일정한 네트워크를 가리킨다. 정규 네트워크의 특징으로 두 노드사이의 평균 거리가 크다. 정규 네트워크는 실제 현실 세계에서 찾아보기 힘든 수학적으로 아주 이상적인 형태라고 할 수 있다. 도시의 가로망을 상상해 볼 때 그리드(grid)형으로 계획되었다면 분명 방사형보다 높은 교통체증 현상이 일어날 수 있다. 2,500개의 노드를 가진 정규 네트워크의 임의의 두 노드 간 거리는 평균 33.3333...에 달한다(김민석, 2010, p.90). 이렇게 정규 네트워크의 임의의 두 노드 간 거리가 큰 것을 확인할 수 있다.

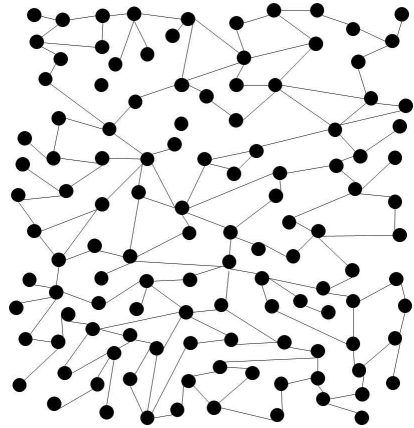


[그림 2-4] 정규 네트워크

② 무작위 네트워크

무작위 네트워크는 모든 노드 쌍에 무작위적(random)으로 에지를 생성되어 형성된 네트워크이다. 다시 말해 각 에지가 각각의 노드에 연결될 확률이 같다. 무작위 네트워크에서 각 노드에 연결된 에지의 개수의 분포는 정규분포의 일종인

포아송(Poisson) 분포를 따른다(Barabási, 2002, p.44). 무작위 네트워크는 정규 네트워크와 반대로 임의의 두 노드 간 거리가 매우 작다. 실제로 2,500개의 노드를 가진 무작위 네트워크의 임의의 두 노드 간 거리는 평균 5.02 수준이다(김민석, 2010, p.91). 에르되스와 레니(Erdős & Reny)는 처음 무작위 네트워크로 인간사회의 두 사람의 친분관계 즉 사회연결망에서 두 사람 간 거리가 매우 작게 나타나는 현상을 설명하였다. 이후 밀그램(Milgram, S.)의 ‘여섯 단계 분리의 법칙’도 무작위 네트워크로 설명될 수 있다고 하였다. 무작위 네트워크의 이런 특성은 사회연결망뿐만 아니라 나라의 고속도로망에서도 각 노드(도시)의 도로 연결 수도 포아송 분포를 나타내고 있다.



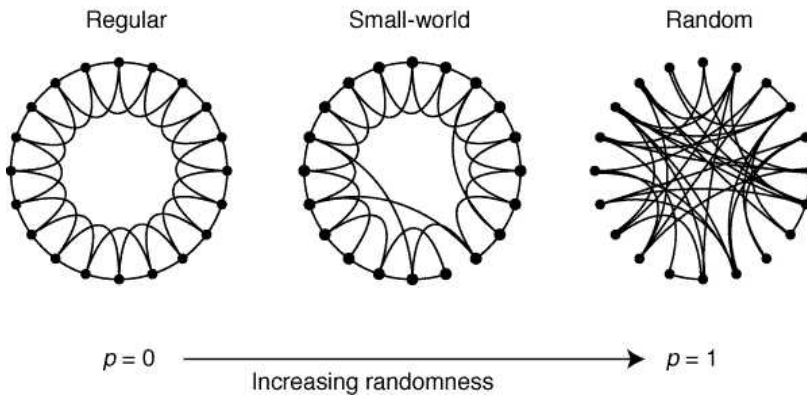
[그림 2-5] 무작위 네트워크

③ 좁은세상 네트워크

그래프 이론이 20세기에 들어 다시 주목받게 된 계기가 작은 세상 이론(small world theory)에서 시작되었다. 1960년대 말 하버드 대학의 스탠리 밀그램 교수가 세상의 모든 사람들은 5단계만 거치면 거의 다 알게 된다는 ‘여섯 단계 분리 법칙(six degree of separation)’을 발표하면서 작은 세상 이론이 시작되었다(Milgram, 1967; 강병남, 2003). 그의 연구에서 사람을 노드로 보고 사람들의 친분관계를 에지로 그래프를 구축한 그래프에서 평균적으로 사람들이 다섯 에지만 거치면 거의 모든 사람들과 연결되어 있음을 주장하였다. 이 연구에서 사람들의 친분관계를 그래프로 표현한 사회연결망으로부터 놀라운 그래프의 특성을 발견하면서 많은 학자들이 사회연결망의 속성을 연구하여 오늘날의 작은 세상 이론으로 발전하게 되었다.

작은 세상 이론에서 다루게 되는 그래프를 좁은세상 네트워크라고도 표현한다. 좁은세상 네트워크는 임의의 두 노드 간 평균 거리가 무작위 네트워크처럼 매우 작으면서도 노드들이 긴밀한 집단을 이루는 정도가 큰 네트워크를 말한다(김민

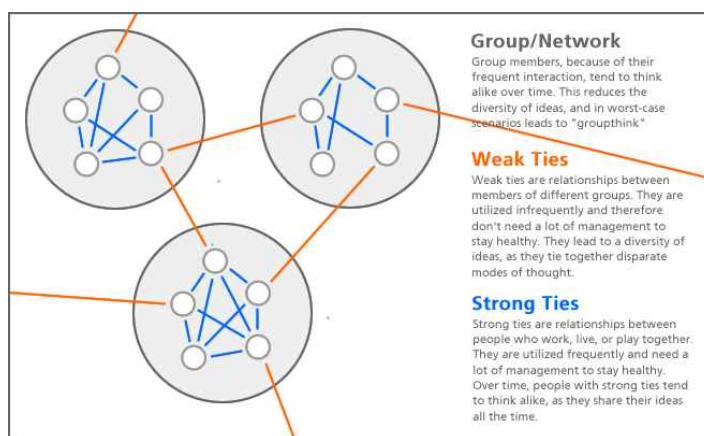
석, 2010, p.92). 좁은세상 네트워크를 제안한 와츠와 스트로가츠(Watts, D. & Strogatz, S.)는 1998년 영화배우 네트워크, 전력 네트워크, 박테리아(*C. elegans*)의 신경 네트워크를 대상으로 이들의 두 노드 간 평균거리와 군집계수(clustering coefficient)를 측정하여 무작위 네트워크와 비교하였다. 그 결과 평균거리는 비슷하나 군집계수가 매우 다르게 나타났음을 발견하였다. 전력 네트워크나 영화배우 네트워크와 같은 자연 및 사회 환경의 네트워크들이 무작위 네트워크로 설명되었던 인식이 조금 바뀌게 되는 계기가 되었다. 즉 자연 및 사회 환경의 네트워크는 무작위 네트워크와 같은 작은 평균거리를 갖고 있지만 군집계수는 큰 차이를 보였다.



[그림 2-6] 정규 네트워크, 좁은세상 네트워크, 무작위 네트워크
(Watts & Strogatz, 1998)

에지(edge) 형성의 무작위성 측면에서 볼 때 정규 네트워크의 무작위성은 0, 무작위 네트워크의 무작위성은 1이다. 에지 형성 무작위성을 0에서 1로 점차 늘리면 정규 네트워크에서 무작위 네트워크로 재현된다. 에지 형성 무작위성을 0에서 1로 점차 늘리는 과정에서 평균거리(Mean Depth)가 무작위 네트워크 수준으로 매우 낮고, 군집계수는 무작위 네트워크에 비해 매우 높은 상태가 나타나는 시점의 네트워크를 와츠와 스트로카츠는 자연 및 사회의 네트워크를 설명할 수 있는 네트워크로 보고, 이를 좁은세상 네트워크라 명명하였다.

좁은세상 네트워크가 발견되기 전까지 사회학 분야에서 제기된바 있는 사회연결망에서의 군집현상의 존재는 무작위 네트워크로 설명할 수 없었다. 그러나 좁은세상 네트워크는 매우 작은 평균거리와 높은 군집계수를 가진 네트워크로 기존의 사회연결망에 존재하는 군집현상을 설명할 수 있게 되었다. 사회연결망에 군집현상이 있음을 제기한 미국의 사회학자 그라노베터(Granovetter, M.)은 인간 사회에는 강한 연결에 의한 군집들이 존재하고 이 군집들은 사이에는 서로 소수의 약한 연결이 존재한다고 밝혔다. 이러한 주장은 좁은세상 네트워크가 갖고 있는 특성과 일치하다. 한 나라의 가로망을 볼 때도 마찬가지로 각 도시마다 조밀하게 얹혀 높은 군집을 보이는 가로망이 있고 각 도시 간의 연결은 몇 개의 고속도로로 연결되어 있어 이는 좁은세상 네트워크의 특성을 잘 보여주는 예라고 할 수 있다.

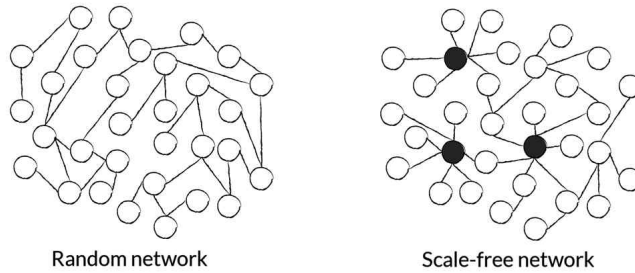


[그림 2-7] 클러스터와 강한 연결/약한 연결
(<http://bokardo.com/p.p692>)

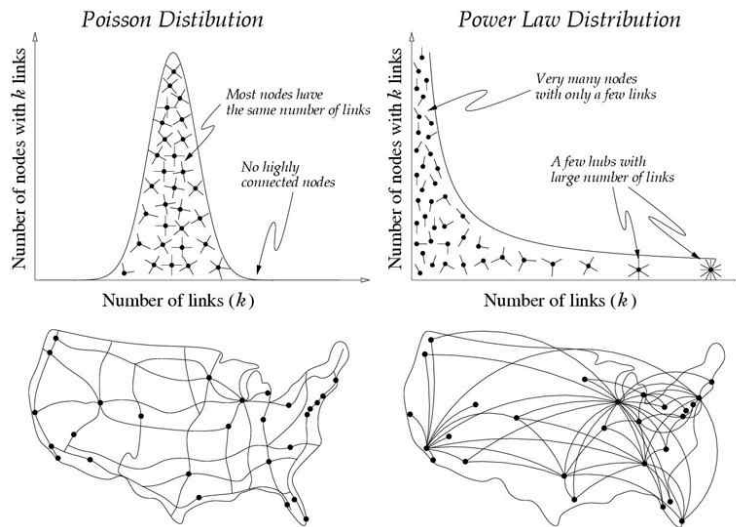
④ 척도없는 네트워크

자연 및 사회에 좁은세상 네트워크의 존재를 밝혀 낸지 얼마 지나지 않아 2002년 바라바시(Barabási, A.)와 그의 동료는 인터넷 웹페이지 분석을 통해 척도없는 네트워크를 발견하게 된다. 이 계기로 항공 노선 네트워크, 신경세포 네트워크 등 네트워크들에서도 척도없는 네트워크를 발견하게 되었다. 척도없는 네트워크는

네트워크 안에 허브(hub) 또는 커넥터(connector)의 역할을 하는 노드(node)가 존재하는 것을 가리킨다. 특정 노드에 연결된 에지의 개수가 비정상적으로 많은 노드를 허브 또는 커넥터라 한다.



[그림 2-8] 무작위 네트워크와 척도없는 네트워크(Barabasi,2002)

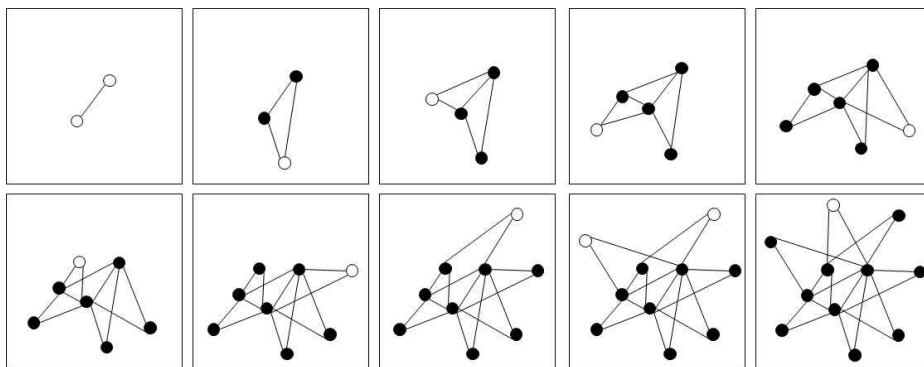


[그림 2-9] 무작위 네트워크와 척도없는 네트워크(Barabasi, 2002)

바라바시(Barabási, A.)와 그의 동료의 인터넷 웹페이지 네트워크를 구축하여

분석한 결과, 각 웹페이지에 연결되어 있는 링크 수 분포가 종형의 포아송 분포가 아닌 단조 감소 곡선의 멱함수 법칙을 따른다는 사실을 알게 되었다. 멱함수 법칙을 따르는 분포에서는 분포상의 정점(peak) 또는 최빈값이 없어 그 분포를 대표할 수 있는 값이 없다는 특성을 반영해 척도(scale) 기준이 없다는 점에 착안해 이런 네트워크를 척도없는 네트워크라 명명하였다. 앞서 기술한 바와 같이 고속도로 네트워크는 종형의 포아송 분포로 나타나지만 항공 노선 네트워크는 허브항공이 존재하면서 그 분포는 멱함수 분포로 나타난다.

바라바시와 그의 동료들은 이에 더 나아가 척도없는 네트워크의 생성에 관한 탐구에 나섰다. 그들은 네트워크를 생성하는 과정에서 임의의 두 노드 간 에지를 생성하는 과정에서 무작위 네트워크와 좁은세상 네트워크와 같이 일정한 확률로 공평하게 생성시켜주는 것이 아니라 특정 노드에 더 많은 에지를 연결해주는 불공평한 생성과정이 존재함을 가정하였다. 다시 말해 네트워크가 성장하는 과정에서 ‘빈익빈, 부익부’의 성장 논리가 작용하고 있을 것으로 예상했다. 그들의 가정에 따르면 척도없는 네트워크에서는 새로운 노드가 생성될 때는 기존의 노드들 중 에지의 연결이 가장 많은 또는 허브 역할을 하는 노드와 연결될 가능성이 크다는 것이다. 그들은 이를 ‘선호적 연결’의 논리로 가정하고, 수학적인 증명을 통해 사실임을 증명하였다.

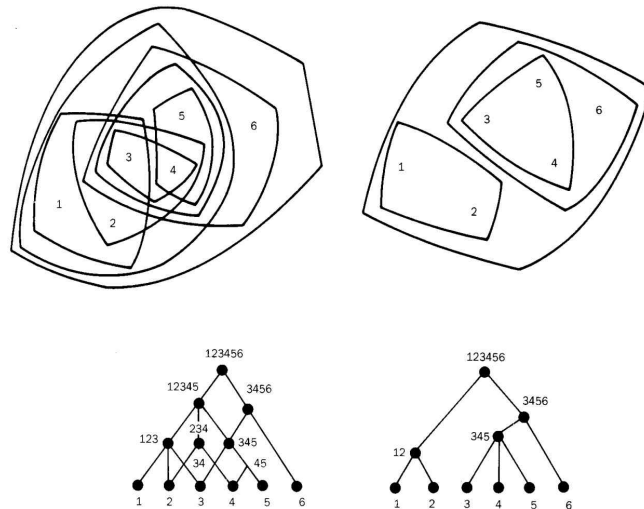


[그림 2-10] 척도없는 네트워크의 성장 과정(Barabas, 2002)

2.2.3. 공간구문론의 등장

공간구문론(Space Syntax)은 1980년대 런던대학교 바틀렛 건축학부의 Bill Hillier와 Jullienne Hanson이 연구개발한 이론이다. ‘구문론(Syntax)’ 용어는 언어학에서 사용되는 것으로, 언어학에서의 문법을 형태론과 구문론으로 구분하는데, 형태론은 형태소의 결합에 관해 기술하는 분야이고 구문론(Syntax)은 이러한 형태소들이 문장을 이루는 원리를 기술하는 분야이다. 영문학 전공인 Hillier는 이런 구조주의 언어학의 영향을 크게 받았다²¹⁾.

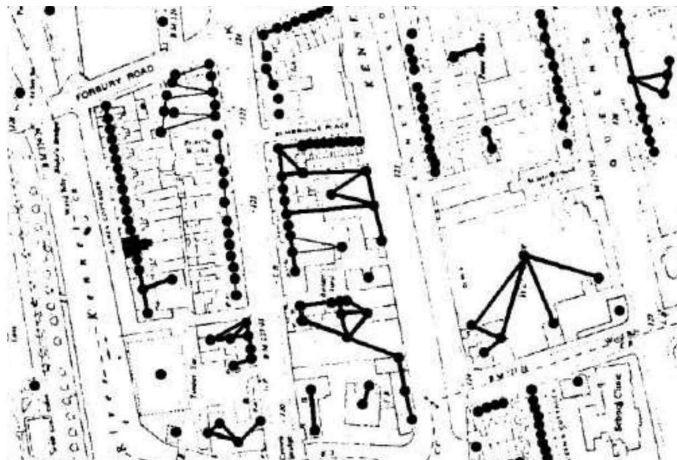
공간구문론 이전의 건축 접근법은 형태 분석과 기능 분석이 주를 이루었다면, 공간구문론이 개발된 이후 기능공간들의 시스템 안에서 공간 환경이 갖는 다양한 인간 행태와 사회·경제적 현상의 관찰이 가능해졌다. Hillier는 구조주의 언어학의 기본적인 접근 방식은 유지하되, 구조주의자들의 ‘상대적 배치’를 논의하기 위한 형식적 기술의 부재를 한계로 보고 공간 환경에 내재해 있는 상대적 배치를 재현하고 분석하는 도구로 그래프 이론을 도입하였다.



[그림 2-11] 준격자 및 수목 형태 그래프
(Alexander, 1965)

21) 구조주의 언어학은 20세기 초반 Ferdinand de Saussure에 의해 정립

건축학에서 그래프 이론을 최초로 도입시킨 사람은 Alexander로 1965년 자연적으로 발생한 도시는 준격자의 형태, 인공적으로 만든 도시는 수목의 형태를 가진다는 것을 설명하기 위해 본격적으로 그래프를 도입하였다. 그 후로 Krüger(1979)는 built form units(한 건물 내 방과 방의 연결 관계), built form arrays(한 단지 내 건물과 건물의 관계), built form constellations(한 블록 내 단지와 단지의 연결 관계)로 분화시켜 표현하였다. 이와 같은 방식은 전반적인 도시 체계의 그래프 구조를 살펴볼 수 있지만 개별 노드(방, 건물, 단지)들의 특성을 확인할 수 없었다.

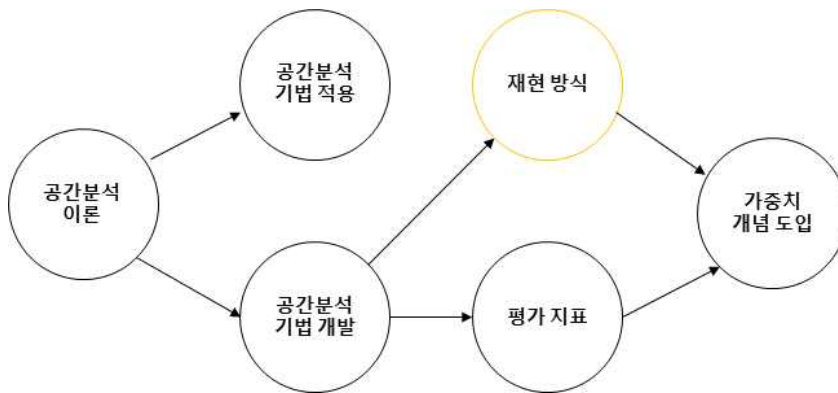


[그림 2-12] Built form 그래프 (kruger,1979a)

Alexander와 Krüger는 그래프 이론의 수학적 논의까지는 나아가지 못하였고, 그 후 Hillier는 선구자의 연구결과를 바탕으로 건축·도시 공간을 그래프의 노드(node)와 에지(edge)로 재현하는 방식을 제안함과 동시에 그래프 이론의 수학적 공식을 차용하였다. 공간구문론은 건조환경에서의 공간을 추상화시킨 공간 네트워크를 대상으로 네트워크 중앙성 지표를 적용하여 각 공간이 전체 네트워크(시스템)에서 어떤 위상적 관계에 위치하는지 정량적으로 보여주는 이론이다.

2.2.4. 공간구문론의 발전

공간구문론(Space Syntax)이 등장한 이후 건축·도시 공간 네트워크에서 각 단위공간들이 갖는 다양한 행태와 사회·경제적 현상들을 설명하는데 상당한 설명력을 보였다. 이후로 공간분석기법에 관한 연구는 공간분석기법의 적용과 공간분석기법 자체에 대한 연구로 전개되었다. 공간분석기법으로는 공간구문론과 같이 공간분석 모델의 성공적 배경에서 기타 유사 공간분석 모델들이 잇따라 연구되었다. 공간분석이론은 공간분석기법의 여러 분야에서의 적용과 공간분석기법 자체에 관한 연구로 전개되었다. 공간구문론은 건축, 도시, 사회 등 여러 분야에서 적용하여 물리적 건조 환경과 사회현상의 상호 연관성을 찾아내는 데 주목하였다.



[그림 2-13] 공간분석이론의 발전 흐름도

공간분석기법 자체에 대한 연구에는 공간 네트워크의 재현 방식과 공간 네트워크(그래프) 평가 지표에 대한 연구방향으로 흘러갔다. 이는 공간 네트워크를 분석 대상과 적용 지표에 따라 상응한 공간 네트워크를 적용한다. 공간 네트워크를 재현하는 방법으로 물리적 공간에서의 이동성과 가시성을 기반으로 한다. 여기서 이동성이라 함은 도시나 건축 공간에서 사람의 보행이나 차량의 이동이 가능한 두 단위공간 사이를 연결 관계가 있다고 취급하여 에지를 생성시켜주는 방식이다. 또한 가시성이라 함은 도시나 건축 공간에서 각 한 쌍의 단위공간 사이에 시각적 접근이 가능하면 이 두 단위공간은 서로 연결 관계가 있다고 보고 에지를 생성시켜 주는 방식이다. 이동성과 가시성을 기반으로 에지를 생성시켜주기 전

단계로 복잡한 현실 세계의 건조환경을 추상화시킨 단위공간으로 설정해주는 명확한 기준이 필요하다. 그래서 공간 네트워크에서 단위공간의 정의를 분석 대상과 적용 지표에 따라 다르게 한다. 분석 대상은 건축이나 도시 공간이 될 수 있다. 이 두 가지 분석 대상은 공간의 형태적으로나 공간의 스케일 상에서도 매우 다르다. 공간구문론에서 이 두 가지 분석 대상의 공간 네트워크 재현 방식을 도시는 축선도(axial map), 건축은 볼록 공간도(convex map)으로 달리 정의하여 적용한다. 이에 관한 자세한 설명은 다음 장절에서 기술하고자 한다. 또한 공간 네트워크를 분석하는데 적용하는 지표에 따라 다른 공간 네트워크를 사용할 때도 있다. 예를 들어 공간구문론의 설명력을 향상시키기 위해 기존의 지표에 가중치를 부여한 각도 가중치 지표를 적용할 때에서 도시 공간분석에서 사용되는 축선도를 분절 축선도(segment map)²²⁾로 변화시켜 적용한다.

공간분석기법의 평가지표로 공간구문론은 통합도(integration)를 적용한다. 통합도는 네트워크에서 노드의 중앙성을 정량화하는 수학적 지표이다. 공간구문론에서 통합도가 네트워크 분석에 적용되기 전에 사회연결망 분석에서 이와 비슷한 지표인 인접 중앙성(closeness centrality) 지표가 먼저 사용하였다. 통합도는 인접 중앙성 지표를 다이아몬드 보정계수로 보정시켜준 지표로 수식으로는 다르나 실질적인 연산 개념은 같다고 볼 수 있다. 그래서 공간분석이론에서 통합도 대신 인접 중앙성을 적용하는 경우도 많다. 사회연결망 분석에서 중앙성 지표로 인접 중앙성(closeness centrality) 외에 사이 중앙성(betweenness centrality), 고유벡터 중앙성(eigenvector centrality) 등이 사용되기도 한다. 공간분석기법에서 사이 중앙성과 고유벡터 중앙성을 도입시켜 사용하기도 한다. 대표적으로 고유벡터 중앙성 지표와 같은 ERAM 모델도 건축과 도시 공간분석을 위해 개발된 공간분석기법 중 하나이다. 기존 공간분석이론에서 대표로 사용되는 공간분석기법으로 공간구문론(Space Syntax), VGA(Visibility Graph Analysis) 모델, ERAM(Eigenvector Ratio of Adjacency Matrix) 모델 등이 있다.

공간분석기법 자체의 발전에는 공간 네트워크 재현 방식과 중앙성 평가 지표의 개발, 그리고 물리적 환경 속성을 고려한 가중치 부여 방법의 제안으로 구분된다. 공간 네트워크의 중앙성 평가 지표에서 그 지표에 가중치를 부여하는 방법에 이

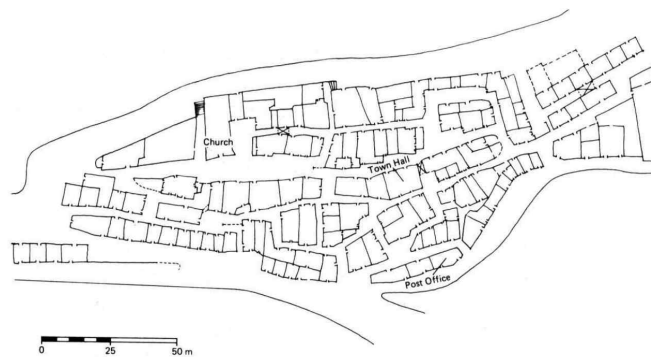
22) 분절 축선도(segment map)은 축선도를 교차점을 기준으로 분절시켜 일정한 보정 작업을 거친 변형된 축선도라 할 수 있다.

르기까지 정량화 지표에 관한 연구는 많이 발전해 왔다.

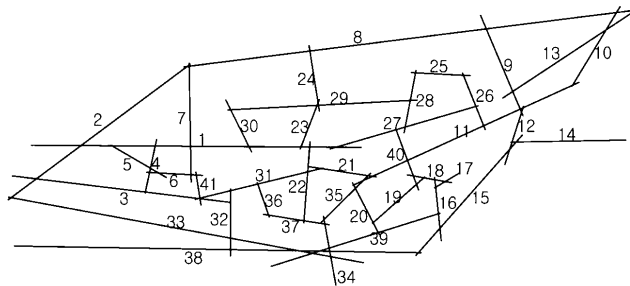
(1) 공간 네트워크

공간분석이론에서 물리적 공간 네트워크는 인간의 사회적 행태 특성을 파악하기 위한 네트워크이다. 그래서 공간구문론은 연구의 대상에 따라 공간 네트워크 재현 방식도 축선도(Axial Map), 볼록 공간도(Convex Map), 가시성 그래프(Visibility Graph)로 다양하다.

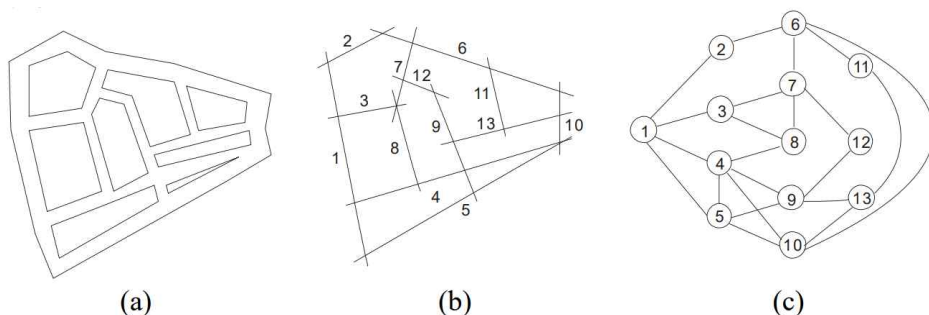
축선도는 “ 시각적으로 서로 보이는 가장 길고, 가장 적은 수의 직선들의 집합 ”을 의미한다(Hillier&Hanson, 1984:91-92).



[그림 2-14] G-Town(Hillier&Hanson, 1984)

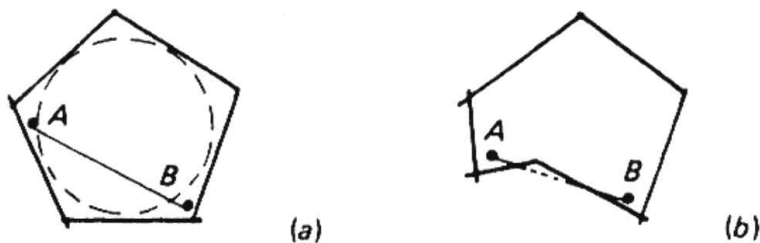


[그림 2-15] G-Town의 축선도(Hillier&Hanson, 1984)



[그림 2-16] (a) 가상 도시 시스템, (b) 축선도, (c) 연결된 그래프
(Jiang, B., 2009)

블록 공간도는 “가장 적은 수의 블록한 공간들의 집합”을 의미한다 ((Hillier&Hanson, 1984:91-92). 블록 공간(convex space)란 공간 내의 임의의 두 점을 잇는 선이 그 공간 외부로 나가지 않는 공간을 가리킨다(최윤경, 2003).

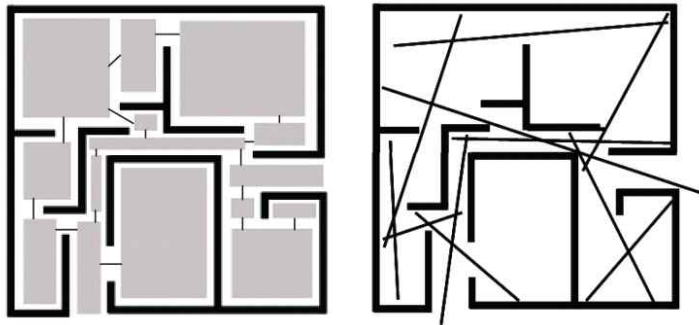


[그림 2-17] (a) 블록공간, (b) 오목공간 (Hillier & Hanson, 1984)

[그림 2-18]에서 같은 공간을 대상으로 블록 공간도(Convex Map)과 축선도(Axial Map)를 재현한 결과의 그래프는 다르다. 이것은 두 가지 공간 네트워크 재현방식의 개념적 차이에서 기인하였다. 블록 공간도는 머무르는 관점에서 다루고 있고, 축선도는 이동의 관점에서 다루고 있다.²³⁾ 블록 공간도와 축선도를 작성

23) 이종렬. (2009). 접근성에 기반한 공간구조 분석 모델에 관한 연구, 국민대학교 대학원, 박사 학위논문.

하는 데 있어 단위공간 즉 블록 공간 혹은 축선을 어떻게 재현하는가에 따라 분석결과에 지대한 영향을 미치게 된다. 그래서 단위공간을 재현하는 방식에는 일정한 기준이 필요하다.²⁴⁾

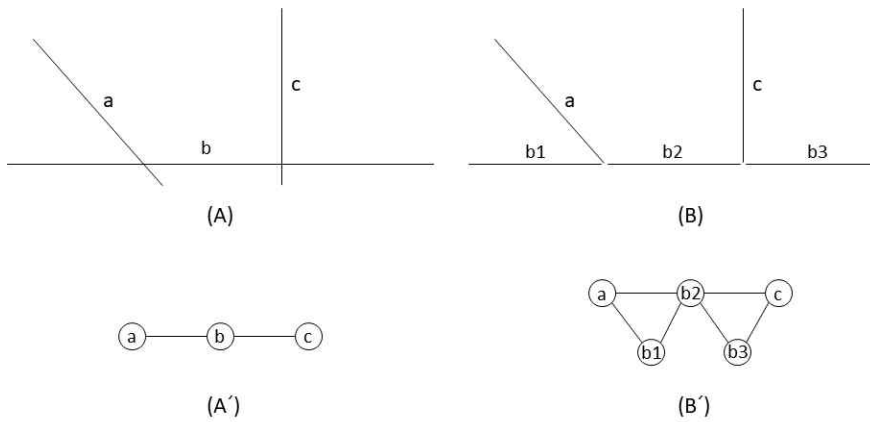


[그림 2-18] Convex Map과 Axial Map(이종렬, 2009, pp.46에서 인용)

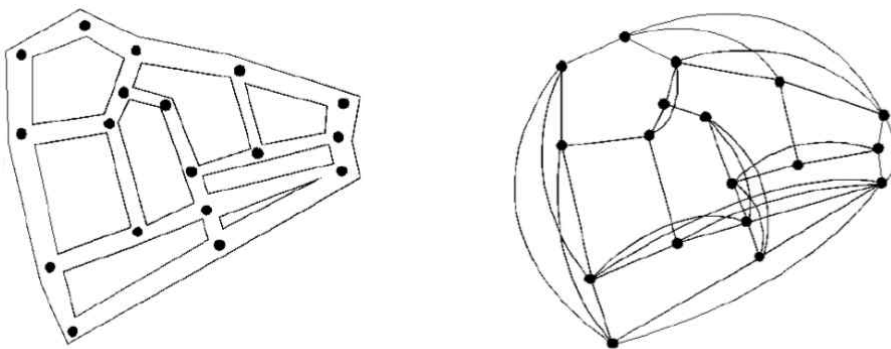
축선도는 도시와 같은 대형 통로형 공간을 분석하는 데 많이 사용되는 공간 네트워크 재형방식이다. 축선도는 특정 통로의 가시선 중 길이가 가장 긴 가시선을 그 공간을 대표하는 축선으로 하여 모든 통로 공간을 같은 방식으로 각 축선을 생성하되 총 축선의 개수가 최소화 되도록 하게 한다. 축선도는 기존 도시 공간분석 관련 연구들에서 높은 설명력을 보였다.

공간구문론에서 축선도의 높은 설명력에도 불구하고 그 설명력을 좀 더 높이기 위해 Turner(2000, 2001)는 공간구문론에 ‘각도 가중’ 개념을 도입하는 것에 시도하였다. 이럴 때 자연스럽게 축선도를 그대로 각도 가중 공간분석에 적용하는데 문제점이 나타나게 되었다. 이러한 맥락에서 Dalton et al(2003)도 각도 가중치를 부여하기 위한 분절된 축선 개념을 제시하게 되었다. 지금의 분절 축선도(segment map)는 각도나 거리와 같은 요소를 가중치로 설정하기 위해 대표적으로 사용되는 방식이다. 분절 축선도는 축선도의 축선 교차점을 기준으로 분절시킨 세그먼트들로 구성된 변형된 축선도이다. 분절 축선도는 축선도의 교차점으로 분절시켜 여러 개의 세그먼트로 생성시킨 다음 각 세그먼트의 연결 관계로 그래프를 재현하는 방식이다.

24) 블록 공간의 재현에 관하여 장성준&최두원(1996), 박순매(2008), 박순매, 김마리, 윤재신(2018)이 있고, 축선의 재현에 관하여 임현식(2002), Liu X. and Jiang B.(2012) 등이 있다.



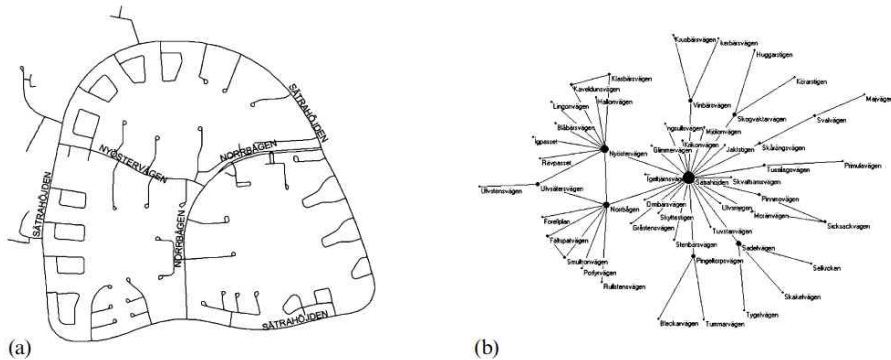
[그림 2-19] A: 축선도, B: 분절 축선도,
A' : 축선도 그래프, B' : 분절 축선도 그래프



[그림 2-20] 가로 교차점 및 가시성 그래프
(Jiang, B. & Claramunt, C., 2002)

축선도 외에 도시 공간분석을 위해 다양한 공간 네트워크 재현 방식이 제안되었다. Jiang et al(2002)의 연구에서는 도시 가로망의 교차점을 노드(node)로 보고, 각 노드들 사이에 시각적 접근성에 따라 에지(edge)를 생성시켜 그래프(네트워크)로 표현하는 방식이다. 이와 같은 지점 기반 그래프(point-based graph)의

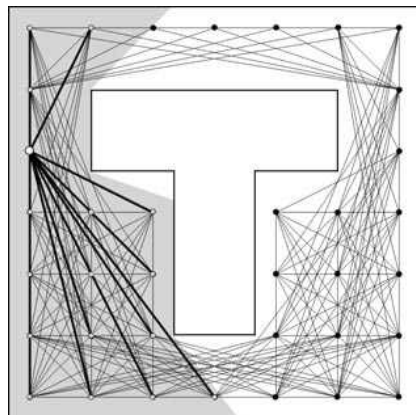
공간분석결과가 기존의 축선도와 높은 상관도를 보였다.



[그림 2-21] (a) Satra 거리 네트워크, (b) 상응한 그래프 (Note: 각 노드에는 상응한 거리의 이름이 표기 됨) (Jiang, B., 2004)

Jiang(2004)의 연구에서는 도시의 가로 자체를 노드(node)로 하는 공간 그래프의 재현하는 방식을 제안하기도 하였다. 그러나 이 연구에서는 도시의 공간 네트워크의 특성을 살펴보기 위해 이와 같은 도시 공간 네트워크 재현 방식을 취하였다²⁵⁾.

가시성 그래프 분석(Visibility Graph Analysis)과 시각적 접근 및 노출 분석(Visual Access & Exposure Analysis)을 할 경우, 공간을 일정한 크기의 격자(grid)로 구획한 후 개별 격자를 노드(node)로 하고, 두 노드 사이의 시각적 접근을 에지(edge)로 한다.



[그림 2-22] 가시성 그래프
(Turner et al, 2001, p.108)

25) Jiang(2004)의 연구에서 이와 같은 도시 공간 네트워크는 좁은세상 네트워크(small world network) 특성을 보이지만, 척도없는 네트워크(scale-free network)의 특성은 보이지 않음을 밝혔다.

(2) 공간구문론 정량화 지표

공간구문론에서 공간 네트워크 중앙성 평가 지표에서 가장 대표적인 지표로는 통합도(Integration)이다. 통합도는 공간 네트워크에서 특정 단위공간의 중요도를 정량화하는 지표로서 공간 네트워크를 노드(node)와 에지(edge)로 구성된 네트워크로 볼 때 특정 노드에서 자신을 제외한 기타 모든 노드까지의 최단경로 깊이(depth)들의 평균값의 역수에 다이아몬드 보정값²⁶⁾을 곱한 값이다. 다시 말해 특정 노드에서 네트워크 상 다른 모든 노드까지의 평균거리가 작을수록 통합도가 높다. 통합도가 높은 노드 즉 단위공간은 상응한 공간 네트워크에서 중요도가 상대적으로 높은 공간이라 할 수 있다.

통합도 지표의 산출과정은 우선 특정 노드의 평균거리를 측정한다. 다음 단계로 평균거리 값의 범위를 0~1로 표준화하고, 마지막으로 네트워크 노드 개수의 영향을 해소하기 위한 보정작업을 취한다.

여기서 거리(distance)는 네트워크에서 노드 I와 j사이의 최단경로 길이(d_{ij})를 말한다. d_{ij} 아래와 같은 조건을 만족시킨다.

$$d_{ij} \geq 0, (i = j \text{ 일 때, } d_{ij} = 0)$$

$$d_{ij} = d_{ji}$$

$$d_{ij} + d_{jk} \geq d_{ik}$$

공간구문론에서 분석대상인 공간 네트워크는 위상학적 네트워크이다. 그래서 공간 네트워크 상 노드(node)와 노드의 연결은 깊이(depth)로 표현한다. 즉 두 노드 사이의 깊이는 최단경로 상 에지(edge)의 개수로 결정된다. 예를 들어 특정 노드에서 다른 노드로 접근하는데 최단경로 상 에지(edge)가 2개이면 두 노드사이의 깊이는 2가 된다. 때문에 평균깊이를 아래 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

26) 여기서 다이아몬드 보정값은 서로 다른 크기의 공간 네트워크의 통합도를 비교할 수 있도록 하는 보정값임

$$MD_i = \sum_{j=1}^k \frac{d_{ij}}{k-1} \quad (1)$$

MD_i : i번 노드의 평균깊이

k : 네트워크 상 노드(node) 개수

평균깊이 값의 범위를 0~1로 표준화하기 위해 아래와 같은 수식을 사용한다 (Hillier, B. and Hanson, J., 1984).

$$RA_i = \frac{2(MD_i - 1)}{k - 2} \quad (2)$$

RA_i : i번 노드의 평균깊이 표준화 값

위 식 (2)의 도출 과정은 다음과 같다. 같은 노드(node)의 개수를 가진 네트워크에서 최대와 최소 평균깊이 값으로 아래 식 (3)과 같이 표준화한다.

$$RA_i = \frac{MD_i - MD_{\min}}{MD_{\max} - MD_{\min}} \quad (3)$$

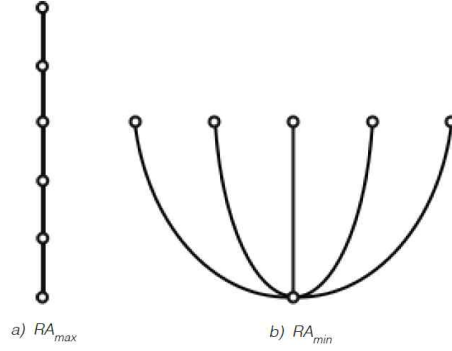
MD_{\min} : 최소 평균깊이

MD_{\max} : 최대 평균깊이

식 (3)에서 최대 평균깊이와 최소 평균깊이는 [그림 2-23]과 같은 상황을 가리

킨다.

[그림 2-23]과 같이 같은 개수의 노드로 구성된 네트워크에서 최대 평균 깊이는 체인(chain) 구조이고, 최소 평균 깊이는 스타(star) 구조이다. 때문에 최소 평균깊이는 1이고, 최대 평균깊이는 최대 총 깊이에서 노드(node)의 개수 $k-1$ 로 나누어 준다.



[그림 2-23] a) 평균깊이가 최대인 체인(chain) 구조 b) 평균깊이가 최소인 스타(star)구조

(Mario Kruger, Andrea Pera Vieira. 2012)

$$M_{\max} = \frac{k(k-1)}{2} \quad (4)$$

M_{\max} : 최대 총 깊이

$$MD_{\max} = \frac{k}{2} \quad (5)$$

마지막으로 네트워크 노드(node) 개수의 영향을 해소하기 위해 아래와 같은 다이아몬드 보정값²⁷⁾을 사용한다.

$$D_k = \frac{2[(k(\lg_2(\frac{k+2}{3}) - 1) + 1)]}{(k-1)(k-2)} \quad (6)$$

D_k : 다이아몬드 보정값

27) 본 연구에서는 이 수식의 도출과정을 생략하도록 한다. 구체적인 도출과정은 Mario Kruger, Andrea Pera Vieira. (2012)의 연구 참조.

$$I_i = \frac{D_k}{RA_i} = \frac{D_k(k-2)}{2(MD_i-1)} = \frac{D_k(k-2)}{2\left(\sum_{j=1}^k \frac{d_{ij}}{k-1} - 1\right)} \quad (7)$$

I_i : i번 노드(node)의 통합도

[표 2-3] 공간분석기법에 적용되는 대표적 평가 지표

구분	정의	사회 연결망 분석 중앙성 지표
통합도	$I_i = \frac{D_k}{RA_i} = \frac{D_k(k-2)}{2(MD_i-1)}$ <p>I_i : i번 노드(node)의 통합도</p> <p>RA_i : i번 노드의 평균깊이 표준화 값</p> <p>MD_i : i번 노드의 평균깊이</p> <p>k : 네트워크 상 노드(node) 개수</p> <p>D_k : 다이아몬드 보정값</p>	인접 중앙성 (Closeness Centrality)

(3) 가중치 개념

공간분석기법의 설명력을 향상시키기 위해 공간분석 모델 개발자는 공간분석 모델에 가중치를 부여하는 방법을 취하기 시작하였다. 처음 가중치를 도입시킨 공간분석기법으로 Penn(1998)과 그의 동료는 공간구문론에 도시 공간분석을 위해 도시의 서로 다른 도로 폭을 같이 고려하는 방법을 제안하기도 하였다(식 14). 또한 Turner와 Penn(1999)는 특정 단위공간의 통합도 값에 상응한 단위공간의 실제 면적을 곱하는 가중방법을 제안하기도 하였다(식 15). 도시의 도록 폭, 건물의 방 면적과 같은 실제로 단위공간이 위상적 관계 외에 단위공간이 갖고 있는 고유의 속성이 그 공간의 중요성에 영향을 미칠 수 있다는 전제에서 물리적 공간

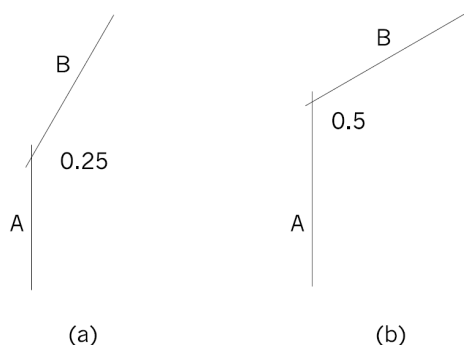
의 속성을 가중치로 도입시켰다. 그러나 공간구문론에 공간 속성을 분석결과인 통합도에 추가로 곱셈 혹은 더해주는 방식의 가중은 완전한 가중 공간구문론이라 할 수 없다. 다시 말해 공간구문론이란 공간분석 모델 안에 공간이 갖고 있는 속성을 직접 반영해주지 못했다.

$$\text{통행량} = a \cdot \text{통합도} + b \cdot \text{도로 폭} + c \quad (14)$$

$$\text{특정 단위공간 통행량} = \text{특정 단위공간 통합도} \times \text{상응 단위공간 면적} \quad (15)$$

공간구문론에 이전 가중 방법에서 Turner(2000, 2001)는 통합도를 산출하기 위한 전 단계인 단위공간과 단위공간 사이의 연결 관계가 '1'로 하는 공간구문론의 기본 척도에 기하학적 각도를 가중치로 부여하는 방법을 제안하였다. 도시 공간 분석에서 가로망을 기반으로 구축된 축선도의 두 축선이 교차하면 깊이 '1'로 취급하는 기본 척도 개념에서 두 축선이 교차하는 각도의 크기에 따라 깊이 값을 다르게 설정하는 방법론이다. 예를 들어 두 축선의 교차 각이 30°인 경우 깊이를 0.25로 하고, 60°인 경우 깊이를 0.5로 하는 방식을 가리킨다. 공간구문론에 각도 가중치를 적용한 결과 가중이 없는 모델에 비해 높은 설명력을 보였다.

공간구문론의 각도 가중치의 유효성이 검증된 데 이어 Turner(2001)는 그의 동료와 공간구문론에 물리적 거리(distance)를 가중치로 부여하는 방법론을 제안하기도 하였다. 그는 공간 네트워크에서 두 단위공간을 연결하는 예지에 두 단위공간 사이의 실제 물리적 거리를 가중치로 변화한 깊이를 적용하였다. 즉 물리적 거리가 멀어지면 깊이는 작고, 반대인 경우는 깊이가 크다는 기본 개념에서 깊이를 1/거리(distance)로



[그림 2-24] (a) 축선의 교차 각이 30° 인 경우 0.25, (b) 축선의 교차 각이 60° 인 경우 0.5
(Turner, 2001)

적용하는 방식을 제안하였다. 그러나 공간구문론에 거리의 역수를 가중치로 도입하는 방식은 설명력을 제고하는데 실패하였다. Turner(2007)는 거리가 깊이에 영향을 미칠 것을 확신하고 다시 공간구문론에 각도와 거리를 동시에 고려하는 가중 방식을 도입시켰다. 그는 공간 네트워크 상 두 단위공간의 사이 각도와 실제 물리적 거리를 곱하는 방법을 취하기도 하였다.

공간구문론에 각도, 거리와 같은 일련의 가중치 부여 방식을 도입시켜 공간구문론의 설명력을 향상시키는 노력이 계속되었다. 각도 가중 방식의 성공에 이어 거리 가중을 시도한 결과 실패를 하였지만 많은 연구자들은 거리가 깊이에 영향을 미치고 있음을 확신했다. 선행연구를 바탕으로 박근송(2013)은 공간 네트워크의 기본 척도인 깊이를 산출하는 방식에 거리와 각도를 동시에 고려하되 출발지와 목적이 사이의 최단경로 상의 에지들에게 출발지로부터 가까운 에지와 멀리 떨어진 에지에 서로 다른 깊이 가중을 부여하는 방법을 제안하기도 하였다(식 16).

$$MAdi = \sum_{k=1}^n L_k \cdot \prod_{j=1}^k \left(1 + \frac{\alpha_j}{180}\right) \quad (16)$$

$MAdi$: 에지 혹은 축선의 방향변화 각도와 길이를 고려한 공간깊이

n : 경로 상 에지 혹은 축선의 개수

L_k : 경로 상 k 번째 에지 혹은 축선의 길이

α_j : 경로 상 j 번째 에지 혹은 축선의 방향변화 각도

공간구문론과 같은 또 다른 공간분석기법인 ERAM 모델에 가중치를 부여하는 방법이 제안되었다. ERAM 모델은 Choi(2003)과 그의 동료가 공간구문론의 개념을 바탕으로 공간 네트워크의 중앙성을 지표화하는 방식에서 통합도 대신 인접행렬의 고유벡터 성분비를 적용하면서 제안되었다. 공간구문론의 공간 네트워크 상 두 단위공간의 최단경로 거리를 기준으로 통합도를 산출한다면 ERAM 모델은

최단경로 거리가 아닌 각 단위공간으로부터 무작위로 무한번의 이동을 거친 후 각 단위공간에 머무르게 될 가능성의 비율을 지표로 하는 공간분석기법이다. 이러한 산술적 방법은 사회연결망 분석에서 사용되는 고유벡터 중앙성(eigenvector centrality)과 같다. ERAM 모델의 지표 값은 인접행렬을 기반으로 계산되는 특성으로 노드와 에지에 가중치를 부여하기에 적합한 공간분석기법이라 할 수 있다. Cho(2006)는 공간구문론에서 적용한 각도를 ERAM 모델에 가중치로 적용한 결과 가중 없는 ERAM 모델에 비해 높은 설명력을 보임을 재확인하였다. 박근송(2014)과 그의 동료는 공간구문론에서 적용했던 거리(distance)를 ERAM 모델에 가중치로 부여하는 방법을 제안하여 일정한 효과가 있음을 확인하였다. 여기서 거리 가중방법을 Turner(2007)의 거리가 멀어짐에 따라 깊이는 반비례로 작용한다는 개념에서 반비례 관계에서 다른 형태의 비선형 관계를 갖고 있을 것으로 가정하여 거리 가중 함수를 새로이 제안하였다. 박근송 외 1인(2016)은 ERAM 모델에 각도와 거리를 각각 가중치로 부여하는 방법에서 일정한 효과를 확인한 전제에서 ERAM 모델에 각도와 거리 두 가지 요인을 동시에 가중치로 부여하는 방법을 제안하였다. ERAM 모델에서의 각도와 거리 가중 방법론의 성공으로 Kim&Piao(2017)은 다시 공간구문론에 거리 가중치를 부여하는 방법에 관해 ERAM 모델의 거리 가중 방법론을 차간하여 새로운 거리 가중 방법을 도입시키는 시도를 하였다.

공간 네트워크의 에지(edge)에 가중치를 부여하는 방식과 동시에 단위공간 또는 노드(node)에 가중치를 부여하는 방법도 제안되었다. 예를 들어 김민석(2006)은 가시성 그래프를 기반으로 하는 Visibility-ERAM 모델에서 경계가중치를 도입시키는 방법으로 공간 네트워크의 경계부에 출입구나 다른 통로가 있는 경우 그 경계부의 단위공간에 실제 통행량과 같은 데이터를 가중치로 적용하는 방식이다.

(4) 소 결

기존 공간구문론은 ‘이론의 적용 연구’와 ‘이론 자체에 관한 연구’ 두 가지 부류로 나누어 볼 수 있다. 그 중 공간분석이론 자체에 관한 연구로는 ‘공간 재현’, ‘평가 지표’, ‘가중치 개념’ 세 가지로 구분해 볼 수 있다.

공간 재현 : 건축·도시 건조환경을 정량화하기 위한 공간 네트워크(그래프)화 작업이다. 대표적으로 볼록 공간도(convex map), 축선도(axial map), 가시성 그래프(visibility graph)가 있다. 이외에도 가중치 개념을 도입시키기 위한 변형된 축선도의 일종으로 분절 축선도(segment map)가 있다. 건조환경의 공간을 네트워크로 재현하는 방법들은 공통적으로 정적인 특성을 갖고 있다.

평가 지표 : 구축된 공간 네트워크(그래프)를 대상으로 각 공간이 공간 네트워크란 시스템에서 어떤 위치에 있는지를 정량적으로 확인하기 위한 산술방법이다. 공간분석이론에 사용되는 ‘평가 지표’는 대체로 특정 공간(노드)의 위상적 관계에서의 중앙성(centrality)을 기준으로 한다.

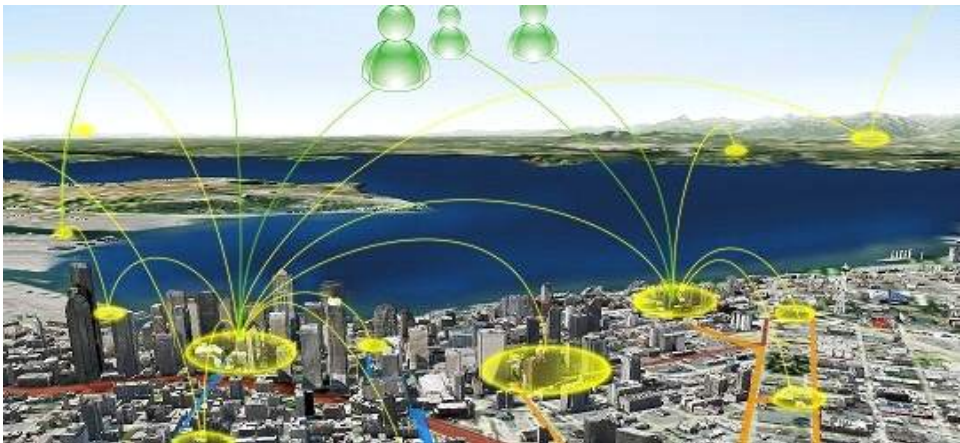
가중치 개념 : 공간분석기법의 예측력을 향상시키기 위한 접근 방법으로 물리적 건조환경을 공간 네트워크로 추상화하는 과정에서 배제되는 인간이동행태에 영향을 미칠법한 물리적 환경요인을 공간 네트워크에 가중치로 설정한다. 물리적 환경 요소를 가중치로 부여하기 위해 기존의 공간 네트워크 재현방식에 상응한 변화를 주는 경우도 발생한다. 예를 들어 각도(angle)나 거리(distance)를 가중치로 부여하기 위해 일반 축선도를 분절 축선도로 변환시켜 사용하기도 한다. 가중치 개념이 나타나게 된 배경에는 현대 사회의 복잡한 사회현상을 보다 더 잘 설명하기 위한 조치이다. 그러나 가중치 개념의 가장 큰 단점은 인간 이동행태에 영향을 미치는 물리적 환경 요인을 도출해야 하고, 다음으로 가장 어려운 물리적 환경 요인이 이동행태에 미치는 영향력을 표준화하는 작업이다.

기존 공간분석기법에 관한 연구로 ‘공간 재현’, ‘평가 지표’, ‘가중치 개념’의 접근 방법을 시도하였다. 이런 접근 방법들에는 ‘정적인 물리적 환경을 분석 대상으로 한다.’는 것이다. 그래서 기존 공간분석기법에 대한 접근 방식으로는 현대 도시의 다이내믹한 지역 사회현상을 설명하는 데 한계가 있다. 이와 같은 기존 공간 분석기법의 한계를 해결하는 방법으로 보다 높은 차원에서의 변화를 줄 필요가 있다. 예를 들어 공간 네트워크의 재현 방식에서 정적인 네트워크가 아닌 동적인 네트워크로 구축할 수 있다.

2.3. 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network)

2.3.1. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN) 정의

위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Networks)는 소셜 네트워크 사이트(Social Network Sites)에 위치 정보(location information)를 공유 콘텐츠에 포함시킨 사이트이다(Roick & Heuser, 2013).



[그림 2-25] 위치 기반 소셜 네트워크 개념도(출처: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/location-based-social-networks/>)

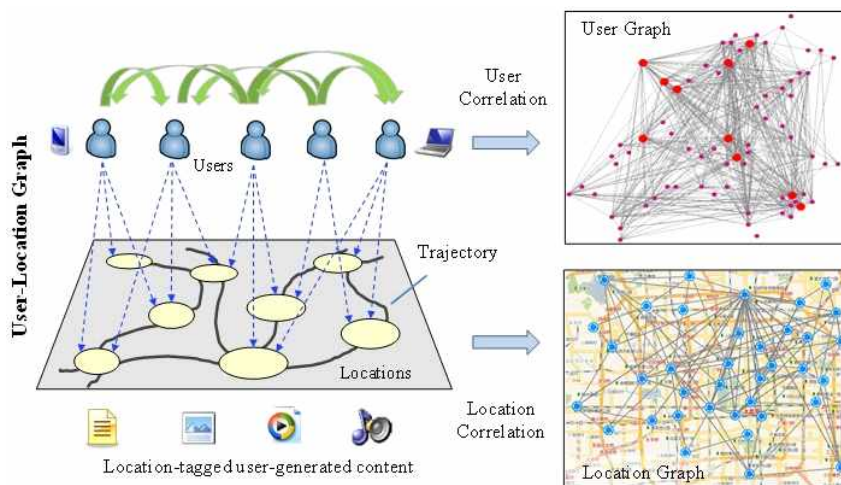
소셜 네트워크(Social Network)에 위치 정보를 공유 콘텐츠로 하는 위치 기반 소셜 네트워크는 크게 두 가지 중요한 키워드로 구분해 볼 수 있다. 하나는 소셜 네트워크(social network)이고, 다른 하나는 위치/장소(location)이다.

소셜 네트워크(social network) : 우정, 공통 관심사 및 지식 공유와 같은 상호 의존성이 하나 이상의 특정 유형으로 연결된 개인으로 구성된 소셜 네트워크이다.

위치/장소(location) : 절대 (위도-경도 좌표), 상대 (어디에서 북으로 100m) 및 기호 (집, 사무실 또는 쇼핑몰) 형식으로 위치를 나타낼 수 있는데 위치 정보

를 소셜 네트워크에 포함시키는 것이 바로 위치 기반 소셜 네트워크라 할 수 있다.

위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network) : 기존 소셜 네트워크(social network)에 위치(location)를 추가하여 소셜 네트워크에 있는 사람들이 위치 정보를 공유 할 수 있을 뿐만 아니라 물리적 세계에서 위치와 사진, 비디오 및 텍스트와 같은 위치 태그가 붙은 미디어 콘텐츠에서 파생된 상호 의존성에 의해 연결된 개인으로 구성된 새로운 소셜 네트워크(social network)이다.



[그림 2-26] 위치 기반 소셜 네트워크의 3가지 주요 네트워크
(Zheng & Zhou, 2011)

2.3.2. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)의 특징

(1) 소셜 네트워크 서비스(SNS)

소셜 네트워크 서비스(SNS)의 기하급수적인 발전으로 지금은 Facebook, Twitter, Instagram, Wechat, Kakaotalk 등 소셜 네트워크 서비스가 등장하게 하였다. 가상공간에서의 사회 구성원들 사이의 토론장은 전 세계 어디에 있는 어떤 사람이든 인터넷 접속으로 참여가 가능하게 된다. 인터넷 환경이 활성화되면서

인터넷 상의 소셜 네트워크를 통해 서로간의 의사소통을 하는 장이 형성되었다.



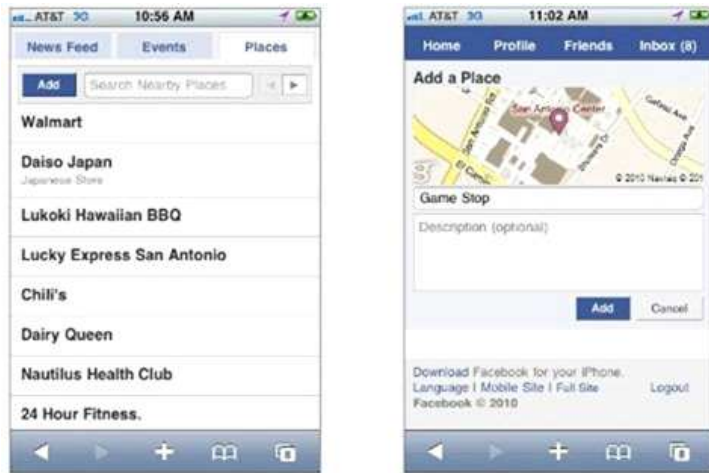
[그림 2-27] SNS
(THE EDUCLOUD, By Lee, 2017.2.20)

(2) 물리공간과 SNS

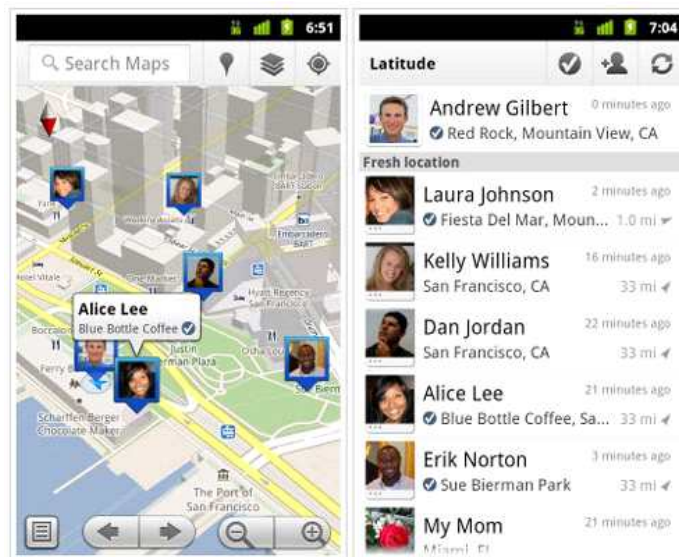
최근 들어 가상공간 상의 소셜 네트워크는 사람과 사람의 네트워크에서 위치/장소를 기반으로 하는 소통의 장을 만드는 데 초점을 맞추고 있다. 2009년 Foursquare가 최초로 위치 기반 소셜 네트워크 서비스의 시작으로 Google Latitude(2011), Facebook Places(2010), Twitter Places(2010) 등 위치 기반 소셜 네트워크 서비스(LBSN)들이 등장하게 되었다. 이후로 위치/장소는 소셜 네트워크에서 새로운 서비스 개념으로 등장하였다.



[그림 2-28] 트위터, 위치 정보 서비스 공개
(IT WORLD, 뉴스, 2010.06.16)



[그림 2-29] Facebook unveils 'Places' – iPhone App will get Places Update Tonight (iThinkDifferent, By Imran Aug 19, 2010)



[그림 2-30] 구글, 위치기반서비스 본격적으로 시작, 2011 (디지털데일리, 이민형, 2011.02.02)

(3) 가상공간과 물리공간

스마트폰이 보급화되면서 거의 모든 사람이 방문한 물리적 장소에서 해당 장소에 관한 정보를 생성하여 가상공간에 업로드하면 LBSN을 통해 많은 사람들에게 공유되면서 가상공간에 접속한 사람들이 해당 장소에 관한 정보를 접해 인식하고 개인 취향에 맞는 장소라면 직접 방문해 체험한 소감을 또 다시 자신의 LBSN에 공유하게 된다. 이와 같은 과정이 계속 반복되면서 물리공간과 가상공간이 상호작용하게 된다. 물리공간과 가상공간의 상호작용은 서로에게 변화를 가져다 준다. 물리공간에 대한 사람들의 방문자 수에 영향을 미치게 되면서 결국 물리적 환경에 변화를 가져다주게 된다. 또한 가상공간에서 장소를 기반으로 하는 소셜 네트워크가 형성되면서 새로운 소셜 네트워크 그룹이 나타나게 된다.

인간의 소통은 물리공간에서의 만남으로부터 가상공간으로 확장됐다. 초기 SNS와 같은 가상공간에서의 소통으로 형성되었던 사회연결망이 지금은 물리공간과 연결시켜 가상공간과 물리공간이 상호작용한다. 이러한 상호작용에는 LBSN Service가 큰 영향을 미치고 있다.



[그림 2-31] 가상공간과 물리적 공간의 관계

위치 기반 소셜 네트워크 서비스(LBSNs)의 발전으로 인터넷 검색 결과에도 확

연한 변화를 가져왔다. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)는 지리적 근접성에 따른 검색 결과를 보여준다(Gordon, 2011). 이는 전통적인 시간 순의 검색 결과와는 전혀 다른 방식이다. LBSNs의 사용자는 실제 물리 공간에서 서로를 찾고 상대 거리에 따라 서로 상호 작용할 수 있게 되었다(Silva & Frith, 2010).

위치 기반 소셜 네트워크 서비스는 개인 맞춤형 장소, 활동, 친구, 경로 등 추천 시스템을 제공함으로써 우리의 이동행태패턴에 직간접적인 영향을 미치고 있다(표 2-4).

[표 2-4] 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)를 통한 위치/장소 추천 및 이동패턴 추정 관련 연구

연구내용		출처
추천 시스템	사용자 기반 CF(collaborative filtering)를 이용한 위치 추천	Zheng, Zhang, Ma, Xie, &Ma, 2011; Bao, Zheng, Wilkie, &Mokbel, 2015
	아이템 기반CF(collaborative filtering) 를 이용한 개인 맞춤형 위치 추천	Zheng &Xie, 2011
	장소와 활동 추천	Vincent Wenchen Zheng, Cao, Zheng, Xie, &Yang, 2010; Vincent W Zheng, Zheng, Xie, &Yang, 2010; Bao, Zheng, Wilkie, &Mokbel, 2015
	Check-in data를 이용한 위치 및 선호환경 추천	Bao, Zheng, &Mokbel, 2012
	친구 추천	Qia et al., 2014; Bao, Zheng, Wilkie, &Mokbel, 2015
	흥미로운 위치와 여행 순서 찾기	Zheng, Zhang, Xie, &Ma, 2009
	사용자 체크인 데이터에서 인기 있는 경로 구성	Liu, Wei, Zheng, Schneider, &Peng, 2011; Wei, Zheng, &Peng, 2012
추정 시스템	위치 기록에 기반한 사용자 유사성 추론	Li et al., 2008; Xiao, Zheng, Luo, &Xie, 2010
	인간 이동성을 이용한 위치 간의 학습 상관관계	Zheng &Xie, 2010
	출발지-목적지 추정	Qia et al., 2014; Bao, Zheng, Wilkie, &Mokbel, 2015

2.4. 선행연구 검토

2.4.1. 공간구문론을 적용한 도시공간분석에 관한 선행연구

공간구문론은 도시공간구조의 형태적 분석방법으로 사용되어 왔다. 지금까지 공간구문론은 주로 도시공간구조와 이동행태의 관계, 도시공간구조계획의 적절성 평가, 도시공간구조와 토지용도 및 시설분포와의 관계 등 방면에서 많은 연구들이 이루어졌다. 이러한 연구들을 통해 도시공간구조분석에 있어서 공간구문론이 유효성을 보여주었다. 도시공간구조와 실제 유동인구 및 상업시설분포의 상호관련성이 있음을 검증하였고, 이를 바탕으로 도시계획설계의 적절성 평가에도 적용되는 연구들이 나타났다.

공간구문론의 인간 이동행태나 도시 지역의 상업시설 분포와 높은 유사성을 보이고 있다. 그러나 공간구문론의 분석결과와 상충되는 상업시설 분포와 인간 이동행태가 나타나는 도시 지역들도 있다. 이와 같이 공간구문론으로 설명하기 어려운 문제점에 대한 실마리를 ‘공간적 도시구조’와 ‘초공간적 도시구조’라는 개념으로 두 부류의 지역이 가지는 문화적 속성의 차이를 명확하게 구분하려는 시도가 있었다.²⁸⁾ 여기서 ‘공간적’과 ‘초공간적’이란 용어는 Hillier&Hanson(1984)이 ‘공간적 집단’과 ‘초공간적 집단’ 두 가지 종류의 사회적 집단을 구분하기 위해 사용되었던 것이다. 공간적 집단은 공간적 접근성에 의해 형성된 집단으로 개인의 소속감은 주로 일상생활의 영역에 의해 결정된다. 반면 초공간적 집단은 공간과는 관계없이 동기나 목적의 유사성에 의해 사람들이 결속되는 집단을 가리킨다. 도시의 복잡한 사회적 관계로부터 나타나는 이동행태패턴을 예측하는 모델로서 공간구문론은 공간적 도시구조를 통해 공간적 집단의 이동행태를 평가하는데 유효하다고 볼 수 있다. 예를 들어 오랜 세월을 걸쳐 자연스럽게 형성된 도시공간구조는 인간의 이동행태패턴과 높은 유사성을 보이지만, 단기간에 인공적으로 계획된 도시재개발지역의 도시공간구조는 인간의 이동행태패턴과 낮은 유사성을 보인다. 이것은 공간 접근성의 영향에 의해 형성된 도시공간구조와 그런 접근성의 영향이 아닌 다른 외적인 힘에 의해 계획된 도시공간구조의 차이에서 나타난다고 볼 수 있다.

28) 최윤경. (2003). 7개의 키워드로 읽는 사회와 건축공간. 시공문화사. pp.66-67.

[표 2-5] 공간구문론을 적용한 도시공간분석 연구

분야	서지사항 주요내용
도시공간구조 와 이동행태의 관계	최재필, 백승호. (2002). 공간구조와 길찾기 효율성의 상관관계분석, 대한건축학회논문집(계획계), v.18, n.1, pp.3-10
	가상공간구조에서 통합도, 통제도, 연결도가 높은 공간들이 주로 이용됨을 확인함으로써 공간구조가 길찾기에 영향을 줌을 검증
	김영욱. (2003). Space Syntax를 활용한 공간구조속성과 공간사용패턴의 상호관련성 연구, 국토계획, v.38, n.4, pp.7-17
	국내 도시공간구조와 공간사용패턴의 상호관련성을 공간구문론을 적용한 분석결과와 보행자와 자동차의 통행량과 비교분석한 결과 두 인자간의 상호관련성을 규명
	최윤경, 권영환. (2003). 도시 공간구조의 보행자 움직임에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), v.19, n.1, pp.89-96
	인사동, 명동, 압구정동 3개의 대상지에 대한 통합도와 유동인구 분포를 비교한 결과, 통합도가 유동인구 분포와 비슷한 양상을 나타내는 '공간적 도시구조'와 그렇지 않는 '초공간적 도시구조'의 공간유형을 발견함. 여기서 공간적 도시구조는 그곳을 경험하는 사람들에게 자연스러운 움직임을 유도하는 반면 초공간적 도시구조는 공간적 특질에 따른 보행자의 움직임보다는 기능적 분포에 의존하는 그런 움직임이 일어남을 확인
	장동국. (2004). 도시공간구조와 공간이용, 국토계획, v.39, n.2, pp.35-46
	유기적인 공간구조를 가진 도시들에서는 통합도와 유동인구 분포의 양상이 유사하지만, 유기적이지 않는 도시공간구조의 경우 변인들간의 신뢰성이 떨어짐을 확인
	이상현. (2011). 도시공간 내 통행량 추정을 위한 네트워크 특성 지표 개발, 대한건축학회(계획계), v.18, n.7, pp.3-10
	도시공간 내 유동인구 추정을 위한 네트워크 중심성 평가 지표인 '방문빈도'를 제안하여 기존 공간구문론 통합도 지표와 비교분석한 결과 방문빈도가 더 정확함을 확인
도시공간구조 계획의 적절성 평가	정영환, 강인호. (2006). 대규모 택지개발에 의한 도시확장이 도시 공간구조변화에 미치는 영향분석: 대전광역시를 대상으로, 대한주거학회논문집, v.17, n.5, pp.137-146
	도시의 평면적 확장이 도시 전체공간구조 변화에 지대한 영향을 미치고 있어, 원도심 지역 등 기존 시가지에 대한 도시공간구조 변화를 예측하여 기존 지역과 연계한 신개발지역의 개발계획을 수립해야함을 보여줌
	황희연, 윤두원. (2007). 공간구문론에 의한 청주 원흥이 생태공원 가로망 배치의 적합성 분석, 국토계획, v.42, n.5, pp.177-196
	생태공원의 공공공간(광장)계획의 적절성을 공간구문론의 통합도로 분석으로 생태적 보전을 요하는 공간의 높은 통합도에 대한 계획적 오류 평가

	공은미, 김영옥, 신행우. (2009). 도시성장에 따른 도시 공간구조 및 기능 변화에 관한 연구, 도시설계, v.10, n.3, pp.19-32
	1970년대와 2000년대의 진주시의 도시공간구조를 비교분석하여 면(area)적인 도시개발과 선(line)적인 도심기능의 불일치 문제, 상업용지의 접근성이 떨어지는 문제를 제기
	김주일, 노서영. (2011). 재개발에 따른 가로망 변화가 도시 가로체계 구성에 미치는 영향에 관한 연구: 대전 원도심부 도심재정비에 따른 가로통합도 변화 분석을 중심으로, 한국도시설계학회지, v.2, n.2, pp.151-164
	도시재개발로 인한 가로망 변화가 도시 가로체계의 구성을 단절적이고 도시구조의 소통과 인식도를 저해할 가능성이 높은 것으로 나타나 가로체계 전반에 부정적 외부효과가 있어 이를 해결하기 위한 최소한의 통과가로의 확보로 이러한 문제점을 해결해줄 것으로 판단함
	정수은. (2013). 공간구문론(space syntax)을 적용한 울산시 도시 공간 연구, 디자인융복합연구 44호, v.13, n.1, pp.195-208
	도시공간구조 분석을 통해 1도심과 4부도심의 지역간 분리 현상을 살펴본 결과, 이 두 지역 간 공간구조적 불균형의 원인으로 연결도로의 비효율성으로 확인
	김민석, 김영우. (2014). 북항대교 건립 전후 부산지역 도시공간구조 변화에 관한 연구, 대한건축학회(계획계), v.30, n.5, pp.203-210
	선정도(사회연결망분석 중 사이중앙성에 해당) 지표로 북항대교의 신설로 인한 전체 도시공간구조의 교통효율 변화로부터 도시의 교통부담을 덜어줄 것으로 확인
	김영우, 김민석. (2016). 광주광역시 제2순환도로에 의한 도시공간구조의 변화 연구: 공간구문론 활용을 중심으로, 대한건축학연합회(계획계), v.18, n.1, pp.59-67
	광주 제2순환도로의 신설로 인해 구도심지역에서 광산구와 신도심 지역으로 중심성이 이동하는것을 확인하였고, 순환도로계획의 타당성을 확인
	김민석, 변나향. (2016). 공간구문론을 활용한 청주시내 택지개발지구의 거주적합성 비교연구: 택지개발지구의 접근성 분석을 중심으로, 대한건축학연합논문집, v.18, n.5, pp.115-123
	도시공간구조에 공간구문론을 적용하여 청주시 3개 주요 택지개발지구들의 접근성을 정량화하는 방법으로 지역 거주적합성을 비교분석한 결과, 시설접근성이 낮게 나타난 지역의 도시계획적 차원에서의 개선이 필요함을 제시
	이태규, 최재필. (2017). 창동, 상계 신경제중심지 프로젝트가 주변 도시공간의 보행통행량에 미치는 영향: 상업가로 보행통행량을 중심으로, 대한건축학회(계획계), v.33, n.6, pp.23-30
	창동, 상계 신경제중심지 프로젝트로 인한 주변 도시공간구조의 국부통합도 증가를 확인한 결과 상업가로 외의 아파트 단지 내에서 산발적인 증가를 보여 재개발프로젝트의 목표와 부합되지 않는 결과를 확인

도시공간구조 와 토지용도 및 상업시설분포 와의 관계	최재필, 구본옥. (2001). 도시 가로의 물리적 배치에 따른 상업 시설의 생성과 확산에 관한 연구: 공간구문론 (Space Syntax Theory) 을 이용한 도시가로 체계분석, 대한건축학회논문집(계획계), v.17, n.6, pp.127-136
	압구정 지역의 도시공간구조의 전체 통합도, 국부 통합도, 연결도가 상업 시설의 생성과 확산에 주요한 요인으로 작용함을 확인
	오충원. (2005). 신도시개발에 따른 공간 구조 변화 분석, 남서울대학교 논문집, v.11, n.2, pp. 277-293
	평촌 신도시가 건설된 안양시의 도시공간구조의 변화를 공간구문론을 통해 본 결과, 도시공간구조는 상업시설 분포와 같은 토지이용의 변화와 밀접한 관계가 있음을 확인
	강효정, 최재필. (2007). 공간분석이론을 활용한 국립아시아문화전당 건립 후 광주 구도심의 공간구조 변화 예측, 대한건축학회논문집(계획계), v.23, n.6, pp.229-236
	아시아문화전당 건립 전 광주 구도심의 도시공간구조와 건물이용프로그램의 입지 특성을 분석하고, 이를 바탕으로 아시아문화전당 건립 후, 건물 이용프로그램의 입지 분포를 예측해 대상지의 기존 계획에 적용하여 광주 구도심의 효과적인 도시 계획안을 제시
	채훈, 김태로, 최유란. (2009). 청계천복원사업에 따른 보행자네트워크의 변화와 건축물 용도의 변화관계 연구, 서울도시연구, v.10, n.1, pp.169-182
	청계천복원사업 전후의 도시공간구조를 비교하여 유동인구의 분포변화 및 이로 인한 건축물의 용도변화를 설명
	손영기, 정대영, 신영철. (2010). 공간구문론을 이용한 업종별 상업 공간 분석, 한국지적정보학회지, v.12, n.1, pp.45-55
	도로의 위상에 따른 전체통합도, 부분통합도, ERAM-P값이 도시 상업 공간 업종별 입지특성과 관련이 있음 확인

2.4.2. 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN) 빅 데이터(Big Data)를 적용한 도시 공간분석에 관한 선행연구

최근 들어 소셜 네트워크 데이터가 도시의 토지이용과 중심지 및 인구 이동성 연구에 활용되면서 다이내믹한 도시 인간이동행태를 반영한 도시 토지이용계획과 상업시설의 입지를 결정하는데 객관적인 접근방법으로 부각되고 있다. 특히 소셜 네트워크에 지리 위치 정보가 같이 공유되면서 도시공간구조 분석에도 활용가능성을 열어주었다.

Cho et al(2011)의 연구에 의하면 모바일 기기의 위치 정보와 LBSN 데이터를 사용하여 인간의 움직임(이동성)의 역학을 분석한 결과에서 인간의 이동성은 지리적으로 제한된 주기적인 이동과 사회적 관계에 의한 무작위 점프의 현상을 보이는 것으로 나타났다. 이것은 앞서 기술한 바와 같이 인간의 이동은 물리적 공간구조의 영향도 받지만 사회적 관계에 의한 초공간적 공간구조의 영향도 받고 있음을 시사한다. 또한 이런 초공간적 공간구조의 영향에 의한 인간의 이동성을 LBSN 데이터로부터 확인할 수 있음을 보여주기도 한다.

LBSN 데이터를 활용한 도시 공간분석은 순수 인간의 사회활동 흔적을 기반으로 하는 공간분석으로써 기존 도시의 공간구조 특성을 파악하는 데 유용하게 사용될 수 있다. 특히 도시공간구조에서 초공간적 공간구조에 의한 영향으로 나타나는 지역사회현상을 설명할 수 있을 것으로 판단한다. 그 이유는 실제 물리적 공간구조의 영향 외에 기타 사회적 관계에 의한 이동흔적을 LBSN 데이터에 내재되어 있기 때문이다. 그러나 LBSN 데이터를 활용한 도시 공간분석은 도시의 재개발이나 신도시와 같은 신규도시개발 계획안의 객관성을 평가하기에는 새로운 개발지에 방문한 인간의 사회적 흔적이 없어 한계가 있다.

[표 2-6] LBSN 데이터를 적용한 도시공간분석 연구

분야	서지사항 주요내용
도시 중심지, 토지이용 및 상업시설 분포	V. Frias-Martinez, E. Frias-Martinez. (2014). Spectral Clustering for Sensing Urban Land Use using Twitter Activity. Engineering Applications of Artificial Intelligence. Vol. 35. pp. 237-245.
	토지이용 특성에 초점을 맞춘 도시 계획 응용 프로그램을 위한 보완적인 정보 소스로서 지리적 정보가 있는 Twitter 데이터를 기반으로 유사한 tweeting 활동 패턴을 갖는 지리적 영역을 클러스터링하여 도시 지역의 토지이용을 자동으로 생성해주는 모델 제안
	Agryzkov, T., et al. (2016). Analysing successful public spaces in an urban street network using data from the social networks Foursquare and Twitter. Applied Network Science 1(1): 12.
	Foursquare와 Twitter의 사용자 방문빈도가 높은 광장 세 개의 광장이 실제로 도시에서 중요한 장소인 것으로 나타남
	Sun, Y., et al. (2016). "Identifying the city center using human travel flows generated from location-based social networking data." Environment and Planning B: Planning and Design 43(3): 480-498. 기존 3가지 도시중심지 분석 모델(local Getis-Ord Gi, DBSCAN, Grivan-Newman)에 동적인 LBSN Data를 적용한 결과, 정확한 경계가 있는 도심을 식별 할 수 있음을 보여줌
인구 이동성 분석	Cho E, Myers SA and Leskovec J (2011) Friendship and mobility: User movement in location-based social networks. In Proceedings of the 17th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Diego, CA, USA, 21-24 August 2011, pp. 1082-1090. New York, NY, USA: ACM.
	휴대 전화 위치 데이터와 온라인 위치 기반 소셜 네트워크의 데이터를 사용하여 인간의 움직임과 역학을 제어하는 기본적인 법을 이해, 인간이 지리적으로 제한된 주기적인 움직임과 사회적 네트워크와 관련이 있는 무작위 점프의 조합을 경험한다는 것을 발견, 사회적 관계가 모든 인간 운동의 약 10 % ~ 30 %를 설명 할 수 있는 반면, 주기적 행동은 50 % ~ 70 %를 설명, 소셜 네트워크 구조로 인한 여행과 정기적인 단거리 이동을 결합한 인간의 이동성 모델을 개발
	Zhang, W., et al. (2016). "Using Location-Based Social Media to Chart the Patterns of People Moving between Cities: The Case of Weibo-Users in the Yangtze River Delta." Journal of Urban Technology 23(3): 91-111.
	Weibo에서 파생된 3 백만 명의 시공간 위치를 기반으로 양쯔강 삼각주 내의 도시간 연결을 매핑하여 도시의 지리학적 패턴 분석

2.5. 다이내믹한 도시 공간분석을 위한 공간분석기법의 필요성

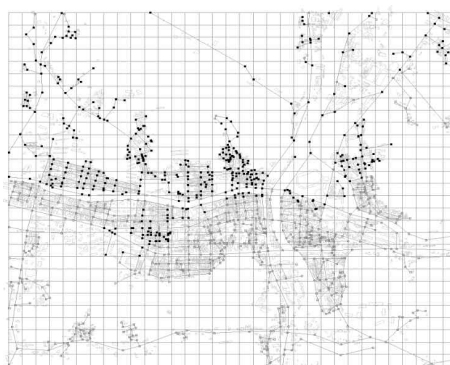
2.5.1. 기존 공간구문론을 적용한 도시 공간분석의 한계

(1) 물리적 공간 네트워크와 사회현상

공간구문론에서 물리적 건조환경을 공간 네트워크로 추상화시켜 네트워크 중 각 단위공간의 상대적 위상을 기준으로 특정 단위공간이 그 공간 시스템 안에서 작용하는 역할을 들여다본다. 복잡하고 다양한 물리적 환경에서 인간의 이동행태에 영향을 미치는 방향변환의 횟수(공간구문론에서 ‘깊이’라 함)를 감안하여 도시 공간을 축선도, 건물 공간을 볼록 공간도로 추상화하는 방법을 적용한다. 공간구문론에서 공간구조(공간 네트워크)가 사회구조에 영향을 미친다는 전제에서 확인할 수 있듯이 물리적 공간 네트워크는 인간의 이동행태에 영향을 미친다고 할 수 있다. 이런 논리에 의하면 물리적 공간 네트워크에 변화가 있을 때 그 안에서의 인간이동행태패턴도 상응한 변화를 보인다. 도시 환경에서 새로 도로가 생기거나 없어지면 그 영향으로 도시에서의 전반적인 인간이동행태패턴이 영향을 받는다. 이상현 외 1인(2015)의 네트워크 영향권 추정 연구에서도 상기와 같은 논리에서 출발한 연구라고 할 수 있다([그림 2-32, 2-33]).

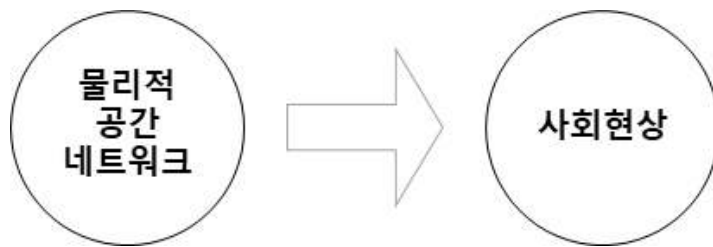


[그림 2-32] 신설 도로
(이상현&지성운, 2015)



[그림 2-33] 신설 도로 영향권
(이상현&지성운, 2015)

궁극적으로 공간구문론을 포함한 기타 공간분석기법들에서 사회현상은 물리적 환경 요인의 영향을 받는다는 전제에서 시작된다. 다시 말해 물리적 환경이 변화하면 그 안에서의 사회현상도 따라서 변화한다는 논리이다. 역으로 사회현상에 큰 변화가 나타났다면 상응한 물리적 환경에도 큰 변화가 있음을 말한다. 그러나 현실에서의 도시 지역 사회 환경을 보았을 때에는 그러하지 않다.



[그림 2-34] 물리적 공간 네트워크와 사회현상의 영향 관계

또한 선구자의 연구결과에서도 공간구문론이 도시의 특정 지역의 이동행태패턴을 설명할 수 없는 현상에 대해 초공간적 공간구조의 작용이 존재할 것으로 추측하였다. 공간구문론은 물리적 공간구조의 제한에 따른 접근성을 기반으로 하는 인간 이동행태패턴을 예측하고, 실제 상업시설의 분포를 설명하는데 상당한 유효성을 보였다. 그러나 인간의 물리적 공간구조의 제한에서 벗어난 목적성을 가진 이동행태로부터 형성된 도시의 지역 사회현상에 대한 설명에는 한계가 있다. 예를 들어 도시의 물리적 공간구조 상 소외된 지역임에도 불구하고 핫 플레이스(hot place)로 새로운 상권이 형성되는 현상들이 나타나기도 한다.

(2) 물리적 공간 네트워크의 한계

인간사회가 고대로부터 현대로 발전하면서 인간이 생활하는 물리적 환경에도 큰 변화가 나타났다. 보행이 주요 이동수단이었던 시절의 인간이동행태는 물리적 환경의 제약에 따른 접근성의 영향을 크게 받았을 것이다. 그러면서 인간이 마차나 자전거와 같은 이동수단에 의해 이동성이 커지면서 이동 범위와 경로에 큰 변화가 나타났다. 근대에 들어서는 자동차가 발명되면서 인간의 이동성은 비약적으

로 발전하였다. 자동차의 뛰어난 이동성으로 과거의 보행으로 접근하기에는 어려웠던 거리(distance)에도 쉽게 도달할 수 있게 되었다. 지금은 고속철도에 이어 음속열차와 같은 초고속으로 이동할 수 있는 교통수단이 개발되기도 하는 실정이다. 이렇게 인간의 이동수단이 발전되면서 이동행태패턴은 물리적 환경의 영향을 점점 덜 받는 방향으로 흐르게 되었다. 현대 도시에서 인간의 뛰어난 이동성의 영향으로 과거 물리적 환경에 의한 접근성의 영향은 상대적으로 적어졌다.

인간의 이동은 단순 이동에만 있는 것이 아니라 이동을 통해 서로 만나고 소통하는 데서 사회적 현상이 드러나게 된다. 인류사회의 발전에서 이동수단뿐만 아니라 소통방식에도 혁신이 일어났다. 과거 언어가 있기 전의 소통은 사람과 사람이 만나야 이루어졌고, 문자나 표기법이 발명된 이후로는 멀리 떨어진 사람에게 서신을 전달하는 방식으로 소통하였다. 그러나 근대에 들어 전화기가 발명되면서 지구 반대편에 있는 사람과도 실시간으로 소통할 수 있게 되면서 정보의 전달 양과 속도가 눈부시게 발전되었다. 그 뒤로 컴퓨터가 발명되면서 컴퓨터를 통신망에 연결하면서 인터넷(Internet)이 탄생되었다. 인터넷은 지금 현대인의 새로운 소통의 장이 되면서 인간이동행태에도 영향을 미치게 되는 경지에 이르렀다. 그 이유는 축적된 많은 위치/장소 데이터를 기반으로 인공지능 기술을 통해 인간에게 맞춤형 장소를 추천해주고 있기 때문이다. 이렇게 현대인이 살고 있는 대도시에서 고도로 발전된 이동성과 새로운 소통의 장이 복합적으로 작용하여 지역의 사회현상에 영향을 미치고 있다. 다시 말해 현대 도시에서 인간의 이동행태패턴은 단순 물리적 환경에 의한 접근성에 영향을 받을 뿐만 아니라 발전된 이동성과 가상공간이란 새로운 소통의 장의 영향을 같이 받고 있음을 짐작할 수 있다.

21세기의 정보기술은 도시 생활에 관련된 정보를 텍스트, 사진, 비디오 등 디지털 콘텐츠로 지구 표면의 특정 위치에 연결하는 것이다.²⁹⁾ Instagram에 사진을 게시하고, Foursquare에서 선호하는 공원에 체크인(Check-in)하는 것은 상대적으로 평범한 것처럼 보일 수 있지만 이러한 플랫폼과 데이터 소스는 새로운 상호작용, 학습 및 참고 방식을 제공한다.³⁰⁾ 이러한 플랫폼은 장소와 관련된 정보를

29) Taylor Shelton, Ate Poorthuis, Matthew Zook. (2015). Social media and the city: Rethinking urban socio-spatial inequality using user-generated geographic information. *Landscape and Urban Planning*, Vol.142, pp.198-211.

30) D. Arribas-Bel. (2014). Accidental, open and everywhere: Emerging data sources for

멀리 전파할 수 있을 뿐만 아니라 서로 가까이 있는 시민들은 디지털 네트워크를 통해 특정 장소에서 상호작용할 수 있도록 한다.³¹⁾ 우리가 살고 있는 현재 도시를 과거 도시와 비교해보면 물리적인 변화도 있고, 도시에서 생활하는 사람과 사람의 관계, 사람과 장소의 관계에도 큰 변화가 있었다. 통신기술이 발명되기 전에 사람들의 소통은 오직 물리적으로 어떤 특정 장소에서의 만남에서 이루어졌고, 물리적 공간의 제한을 크게 받았다. 그러나 지금 사람과 사람의 관계는 단순 물리적인 공간에서만 이루어지는 것이 아니라 가상공간에서 SNS(Social network Service)를 통해 더 많은 사람들과 소통하고 관계를 맺는다. 이러한 사람과 사람의 관계, 사람과 장소의 관계는 과거의 방문체험과 달리 가상공간에서의 가상체험을 할 수 있게 되었다. 사회구조(사회연결망)와 장소에 대한 접근 방식의 변화는 도시 지역 사회현상의 변화에 큰 영향을 미친다. 가상공간 상 소셜 네트워크(Social Network)에서 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network)로의 발전은 인간의 이동행태패턴에 큰 영향을 미치고 있고, 이로 인해 도시의 지역 사회구조는 다이내믹하게 변하고 있다.

공간구문론은 물리적인 공간 네트워크에 대한 정량적 분석을 통해 인간의 이동행태패턴을 파악하고 물리적 공간에 내재한 사회적 현상을 설명하는 데 효과적이었다. 이는 Hillier의 ‘인간사회는 물리적 공간구조(Spatial Structure)의 영향을 받는다.’는 이론적 개념에서 시작되었다. 그러나 지금 도시는 물리적 공간구조(도시교통망)에 큰 변화가 없음에도 지역 사회현상은 다이내믹하게 변화하고 있다. 현대 도시에서 다이내믹하게 변화하는 지역 사회현상을 기존 공간분석기법으로 설명하기에는 분석 대상인 공간 네트워크가 정적이어서 도시의 다이내믹한 사회현상을 설명하는 데 한계가 있다.

the understanding of cities. Applied Geography, Vol.49, pp. 45-53.

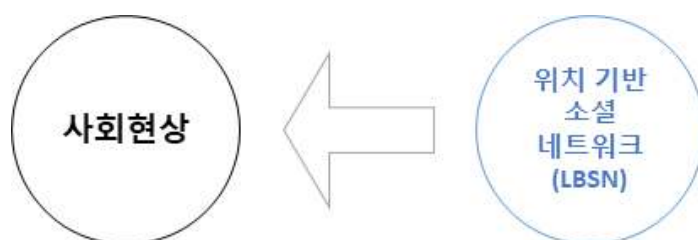
31) M. Hardey. (2007). The city in the age of Web 2.0: A new synergistic relationship between place and people Information. Communication & Society, Vol.10, No.6, pp. 867-884.

2.5.2. LBSN 데이터를 적용한 도시 공간분석의 가능성 및 한계

(1) LBSN과 사회현상

위치 기반 소셜 네트워크 서비스로 인해 사람과 사람의 연결뿐만 아니라 사람과 장소, 장소와 장소의 연결을 만들어 주는 서비스로 SNS 기능이 바뀌고 있다. SNS는 사람과 사람을 연결해주는 서비스로 사회연결망을 구축하여 그 안에서 사람들은 서로 관련이 있는 사람과 소통이 가능하게 해주었다. 현실에 존재하는 실제 장소/위치 정보를 SNS에 담으면서 사람들의 소통은 사람과 사람의 연결에서 사람과 장소의 연결까지 가능하게 되었다.

현대 사회에서 사람들은 LBSN를 통해 자신이 방문했던 장소에 대한 소감과 평가 등 여러 가지 정보들을 공유하여, 공유된 정보가 SNS를 통해 다양한 사람에게 전달된다. 심지어 이런 정보들을 기반으로 맞춤형 장소를 추천해주는 기술까지 등장하면서 인간의 이동행태패턴에 더 큰 영향을 미치게 되었다. 현대인은 처음 가는 지역에서 식당을 찾을 때 인터넷 검색을 통해 그 지역의 맛집들에 관한 정보를 검색하여 그 중에서 본인이 가장 선호하는 맛집으로 이동하게 되었다. 이렇게 현대인의 이동행태패턴은 단순 과거의 물리적 접근성이 좋은 장소로만 이동하는 것이 아닌 가상공간 상의 LBSN의 영향도 같이 받고 있다. LBSN의 이동행태패턴에 주는 변화는 결국 사회현상에도 변화를 가져다 준다.



[그림 2-35] 가상공간 상의 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)가 사회현상에 미치는 영향

(2) LBSN 데이터를 적용한 도시 공간분석의 가능성 및 한계

1990년대 중 후반부터 인터넷 사용자가 폭발적으로 증가하면서 인간의 삶은 가상공간에서의 SNS 영향을 많이 받게 되었다. 과거 전화나 편지로 하는 소통이, 현대에서는 SNS로 더 빠르고 더 많은 사람과 소통할 수 있게 되었기 때문이다.

과거 공간분석이론의 건조환경 안에 내재되어 있는 사회구조를 파악하기 위해 물리적 공간구조를 기반으로 하였다. 그러나 현대 사회에서 인간의 이동성 패턴과 도시 지역의 사회구조를 파악할 수 있는 또 다른 수단으로 LBSN Big information이 나타났다.

인터넷과 컴퓨터 기술이 발전된 지금 우리의 삶은 인터넷 환경의 영향이 크고, 위치(장소)를 기반으로 하는 소셜 네트워크 정보가 실시간으로 축적되고 있다. 축적된 LBSN의 Big information 공개로 사회과학을 공간환경에서 연구하고 이해하는 것이 가능해졌다(Roick & Heuser, 2013). 또한 사회적 유대관계 분석, 예측 및 시공간의 인간행동분석이 가능해졌다. 지속적으로 공유되는 위치 정보를 사용하여 인간의 행동을 분석하고 인간의 이동성 패턴과 도시 지역의 사회구조에 대한 통합된 결과 도출이 가능해졌다. LBSN와 같은 spatio-temporal data는 인간 행태, 사회 역학을 연구하고 도시 지역의 인식과 형태뿐만 아니라 인간의 이동성에 대한 통찰력을 이끌어낼 수 있다(Cranshaw, Schwartz, Hong, & Sadeh, 2012).

LBSN 데이터를 활용한 도시 공간분석은 순수 인간의 사회활동 흔적을 기반으로 하는 공간분석으로써 기존 도시의 공간구조 특성을 파악하는 데 유용하게 사용될 수 있다. 특히 도시공간구조에서 초공간적 공간구조에 의한 영향으로 나타나는 지역사회현상을 설명할 수 있을 것으로 판단한다. 그 이유는 실제 물리적 공간구조의 영향 외에 기타 사회적 관계에 의한 이동흔적을 LBSN 데이터에 내재되어 있기 때문이다. 그러나 LBSN 데이터를 활용한 도시 공간분석은 도시의 재개발이나 신도시와 같은 신규도시개발 계획안의 객관성을 평가하기에는 새로운 개발지에 방문한 인간의 사회적 흔적이 없어 한계가 있다.

2.5.3. 새로운 공간분석기법 개발의 필요성

도시계획설계에서 고려되는 인구밀도, 지가, 토지이용과 같은 사회적 구성요소들은 도시공간분석에서 각 요소들의 영향력을 분석하여 중첩된 이미지를 통해 도시의 지역 공간 특성에 대해 파악한다. 물론 사회적 구성요소를 도시공간분석에 고려함으로써 실제 도시인의 일상생활을 어느 정도 반영한 도시 중심지와 생활권을 파악할 수 있다. 그러나 도시지역에 대한 사회적 구성요소의 영향과 물리적 구성요소의 영향을 서로 분리시켜 각각 분석한 결과를 겹쳐봄으로써 오로지 도시계획가의 경험에 의해 각 영향 요소들의 상호작용에서 나타나는 특성을 파악하게 된다. 이러한 접근방법은 정량적 분석을 통한 정성적 판단에 의한 도시공간분석으로서 일관성과 객관성을 보장하기 어렵다.

공간구문론을 적용한 도시 공간분석은 물리적 건조공간으로부터 각 단위공간에 내재된 사회현상의 물리적 공간 네트워크 상 각 단위공간의 위상관계로부터 단위공간의 상대적 중요도를 파악할 수 있다. 선행연구에 따르면 공간구문론으로 분석한 각 단위공간의 중요도와 실제 유동인구와 상업시설의 분포 및 토지이용과 같은 도시 공간 특성과 상당한 유사성을 보이고 있다. 도시공간구조를 형태학적 위상관계로부터 각 단위공간의 중요도를 측정하는 공간구문론은 물리적 공간구조(공간 네트워크)의 제한에 의한 인간이동행태를 설명하는 데 유용하다는 것을 많은 선행연구로부터 확인되었다. 그러나 선행연구로부터 물리적 공간 네트워크의 영향 외에 다른 사회적 관계에 의한 인간 이동성의 존재를 확인할 수 있었다. 이러한 사회적 관계에 근거한 인간의 이동행태를 ‘초공간적 집단’³²⁾과 같은 개념으로 설명하고자 하는 ‘초공간적 공간구조’³³⁾로 설명하고자 하는 접근방법도 나타났다. 초공간적 공간구조는 물리적 공간과 시간의 제한을 받지 않고 멀리 떨어져 있는 공간/장소들 사이에서 나타나는 인간의 점프 이동현상으로 볼 수 있다. LBSN 데이터를 기반으로 하는 인간 이동행태분석에서도 이러한 인간의 멀리 떨어진 공간/장소사이의 점프이동 현상의 존재가 포착되었다.³⁴⁾

32) Hillier, B. and Hanson, J. (1984). The Social Logic of Space, London: Cambridge University Press.

33) 최윤경, 권영환. (2003). 도시 공간구조의 보행자 움직임에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획), v.19, n.1, pp.89-96

34) Cho E, Myers SA and Leskovec J (2011) Friendship and mobility: User movement in

도시 공간분석에서 도시 지역 사회현상을 물리적 공간 네트워크의 영향과 초공간적 공간 네트워크의 영향을 같이 고려된 보다 더 현실에 가까운 도시 공간분석 결과를 도출해낼 필요가 있다. 정확한 도시 지역 사회현상에 대한 진단이 있어야 더 합리적인 도시계획설계가 이루어 질 수 있기 때문이다. 도시의 지역 사회현상은 물리적 공간에 인간의 사회활동이 이루어지면서 나타나게 된다. 인간의 사회활동은 결국 인간의 이동을 통해 서로 마주치는 과정에서 이루어진다. 공간구문론은 물리적 접근에 근거한 도시 단위공간의 중요도를 분석하였다면, 본 연구는 물리적 접근과 사회적 접근에 근거한 도시 단위공간의 중요도를 분석하고자 한다.



[그림 2-36] 인간이동패턴/사회현상에 미치는 물리적 접근과 사회적 접근

제 3 장 사회 · 물리적 공간 네트워크의 이론 정립

3.1. 물리적 공간 네트워크의 개념

3.2. 사회적 공간 네트워크의 개념

3.3. 사회 · 물리적 공간 네트워크의 개념

3.1. 물리적 공간 네트워크의 개념

3.1.1. 물리적 공간

물리적 공간을 설명하기에 앞서 공간의 발전 역사를 살펴보면 5세기 경 이탈리아 출생의 그리스 철학자 Parmenides는 공간은 그 자체로는 상상할 수 없기 때문에 실존하지 않다고 주장하였다. 기원전 440년경의 그리스 철학자 Leucippos는 공간은 실존적인 존재는 아니더라도 현실이라고 생각하였다. Plato는 「Timaeus」³⁵⁾에서 공간의 과학으로서의 기하학을 도입하였으나 Plato의 기하학은 장소(topos)³⁶⁾의 이론을 전개하기에 한계가 있어, Aristoteles는 ‘공간이란 모든 장소의 총합, 즉 방향과 정성적인 특성을 갖춘 동적인 장(field)’이라고 정의하였다³⁷⁾. 유클리드적 공간이론은 데카르트가 17세기에 직교좌표체계를 도입시키면서 물리적 공간을 충실하게 표현할 수 있다고 생각되었다. 그러나 19세기 비유클리드 기하학의 성립과 Einstein의 상대성이론에 의해 무너지게 되었다. 이로 인해 고대의 하나의 개념으로 통일된 공간은 구체적인 물리적 공간과 어느 정도 근사치에 가깝게 물리적 공간을 설명하기 위하여 인간이 발명한 추상적인 수학적 공간 등으로 분열되었다.

그러나 물리적·수학적 공간 개념은 인간의 일상생활과 직접적인 관계를 갖지 못하고 있어 최근 1세기 동안 심리학자들은 환경과의 정서적인 관계와 같은 인간 존재의 어떤 측면들을 반영해주기 위해 실존적 공간(existential space)이란 개념을 내놓았다. 실존적 공간은 실용적 공간, 지각적 공간, 실존적 공간, 인지적 공간, 추상적 공간 5가지로 구성되었다(C. Norberg-Schulz 저, 김광현 역, 1991). 실존적 공간의 분류된 공간들은 크게 물리적 속성과 정신적 속성이란 두 공간 범주 안에서 생각해볼 수 있다. 여기서 물리적 공간은 실용적 공간과 실존적 공간이다. 실용적 공간은 기하학적 공간으로 설명될 수 있고, 실존적 공간은 인간에게 안정된 이미지를 형성시키는 공간으로 사회적·문화적 속성이 귀속되었다. 노베르그 슈츠는 물리적 공간을 실존적 공간으로서 중심성과 장소성, 방향성과 통로, 구역

35) 플라톤의 저서명. 본래는 피타고라스 학파의 철학자의 이름

36) topos란 인간이 환경 속에서 생기 있는 관계를 파악하고 사건이나 행위의 세계에서 의미나 질서를 찾아낼 수 있는 특정한 장소를 말한다.

37) C. Norberg-Schulz 저, 김광현 역, 「실존·공간·건축」, 태림문화사, 1991.

과 영역성으로 이루어진다고 보았다.

물리적 공간은 인간의 삶을 담는 그릇으로 인간의 사회와 문화에 맞게 생성되고 구축되어 왔다. 건축으로 보면 건물의 벽, 지붕, 바닥, 문, 창과 같은 요소들로 인간의 사회와 문화적 특성을 반영하여 조합되면서 물리적 공간이 만들어진다. 도시로 보면 건물, 식물, 도로, 광장, 기념물 등 요소들로 인간의 사회와 문화의 정체성을 담아내는 물리적 공간을 만들어 낸다. 물리적 공간은 건축이나 도시에서의 건조환경에 의해 만들어진 공간으로서 고정적인 특성이 있어 정적인 공간이라 볼 수 있다. 인간의 이동행태는 건축이나 도시의 고정적인 물리적 환경요소들에 의해 제한 받는다.

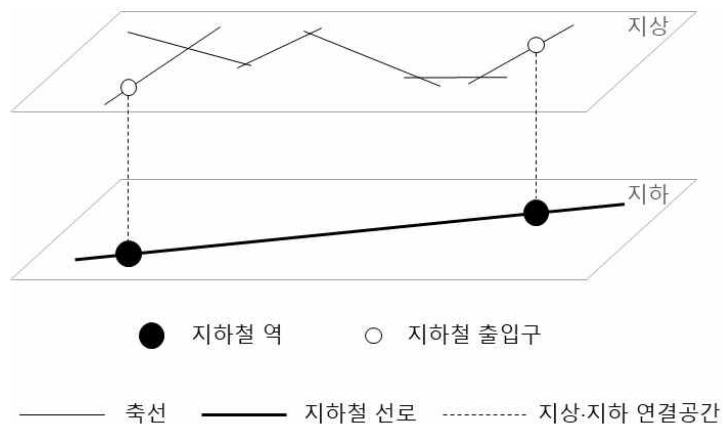
3.1.2. 물리적 공간 네트워크의 개념

물리적 공간 네트워크하면 가장 먼저 가로망, 철로망, 항공망 등과 같은 지역과 지역을 연결해주는 교통망이 상상된다. 그러나 공간구문론에서 다루는 건조환경에 의해 만들어진 공간들의 네트워크는 이와 좀 다른 형태의 물리적 공간 네트워크이다. 공간구문론에서 사용되는 볼록 공간도(convex map), 축선도(axial map), 가시성 그래프(visual graph)는 인간의 이동성에 어떤 특정 물리적 요인이 일정하게 영향을 미치는 것을 기준으로 네트워크화한 공간 네트워크이다. 예를 들어 축선도(axial map)는 인간이 이동과정에서 방향변환이 접근성에 큰 영향을 미친다는 전제하에 이동방향의 변환을 기준으로 두 공간을 서로 연결해준다. 볼록 공간도(convex map)는 인간이 이동과정에서 통과하는 문과 같은 경계가 접근성에 큰 영향을 미친다는 전제하에 두 공간을 서로 연결해준다. 가시성 그래프(visual graph)는 각 셀(cell)과 셀(cell) 사이의 시각적 접근성을 기준으로 두 셀(공간)을 연결하여 공간 네트워크로 한다.

물리적 공간 네트워크란 물리적인 건조환경에 의해 만들어진 공간을 일정한 기준에 따라 단위공간으로 구분하여 각 단위공간들 사이의 물리적인 이동성과 가시성을 기준으로 연결한 네트워크이다. 네트워크는 노드(node)와 에지(edge)로 구성되어 있는데 공간 네트워크에서 단위공간이 노드, 단위공간 간의 연결 관계가 에지이다. 단위공간의 설정은 건물과 같은 밀폐형 공간은 볼록 공간(convex), 도

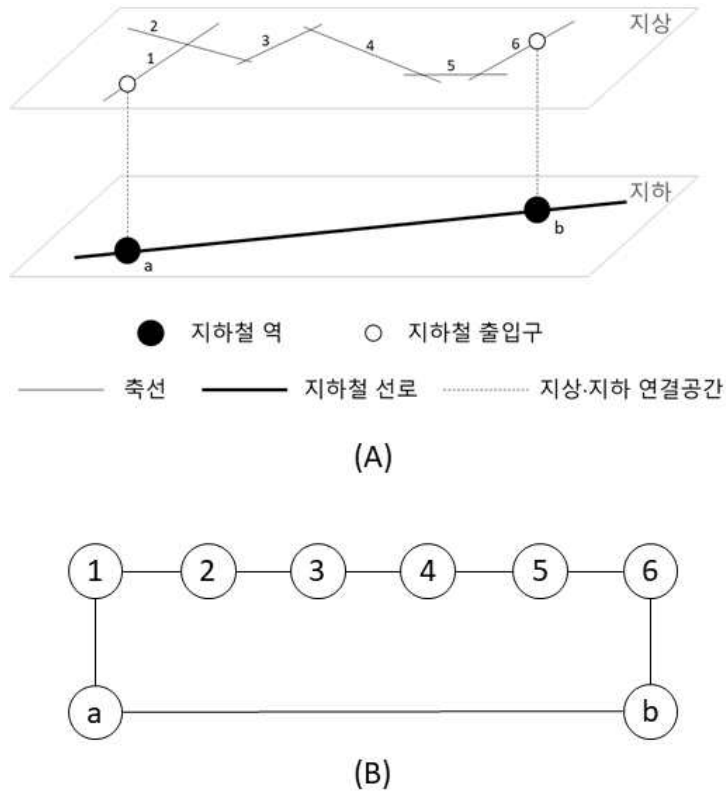
시와 같은 개방형 대형 공간은 축선(axial), 그리고 건물이나 도시의 공간을 일정한 크기의 셀(cell)로 구획하여 표현하기도 한다.

도시 공간분석에서 지금까지 사용되어온 축선도(axial map)의 유효성은 이미 많은 관련 연구자들의 선행연구들에서 충분히 검증되었다. 기존 축선도는 현대 도시에서 인간의 주요 이동통로 역할을 하는 지하철선로를 고려하지 않고 있다. 본 연구는 기존 도시 공간분석에서 사용되고 있는 축선도를 개선하기 위해 지상과 지하 이동통로가 통합 고려되는 물리적 공간 네트워크 구축 방법을 사용한다.



[그림 3-1] 지상·지하 공간 네트워크 개념도

기존 축선도는 도시 지상 가로망을 기준으로 작성하는 공간 네트워크 재현 방식이다. 이는 도시공간에서 지상 가로망이 인간이동행태패턴에 가장 큰 영향을 미치기 때문이다. 현대 도시에서 지하철선로를 통한 이동은 과거에 비해 더 보편화 되어 중요한 이동통로 역할을 한다. 이러한 측면에서 도시의 물리적 공간 네트워크를 재현하기 위해 지상의 가로망과 지하의 지하철선로망을 같이 고려해줄 필요가 있다. 이와 관련하여 박근송&최재필(2018)의 연구를 인용하고자 한다.



[그림 3-2] (A) 지상·지하 공간 네트워크,
(B) 지상·지하 공간 네트워크 그래프

지상·지하 공간 네트워크는 기존 2차원 상의 축선도에 지하의 이동통로 역할을 하는 지하철선로를 통합 고려한 3차원 물리적 공간 네트워크이다. [그림 3-2]와 같이 지상에서 1번 축선에서 6번 축선사이에 2~5번의 노드(축선) 4개가 있고 5개의 에지가 있어 공간구문론의 평가 지표에 따르면 깊이는 '5'이다. 그러나 지하의 이동통로를 고려한 지상·지하 공간 네트워크에서 1번 축선과 6번 축선사이의 최단경로에는 노드(지하철역) 2개, 에지(지상·지하 연결공간과 지하철 선로) 3개가 있어 두 축선사이의 깊이는 '3'이다. 이것은 마치 도시에서 한 지하철역에서 다른 지하철역으로 이동하는데 지상으로서는 거리가 5이고, 지하로는 거리가 3인 것을 추상화시켜 표현한 결과이다. 지상·지하 공간 네트워크는 보다 현실에 가까운 공

간 네트워크 재현 방식이라 할 수 있다. 박근송&최재필(2018)의 연구에서 서울의 지상 가로망을 기준으로 작성한 축선도와 지하철선로망을 통합 고려한 지상·지하 공간 네트워크의 전체 통합도를 실제 유동인구와 상관관계를 비교분석한 결과 지상·지하 공간 네트워크의 상관관계가 훨씬 높게 나타났다.

3.2. 사회적 공간 네트워크의 개념

3.2.1. 사회적 공간

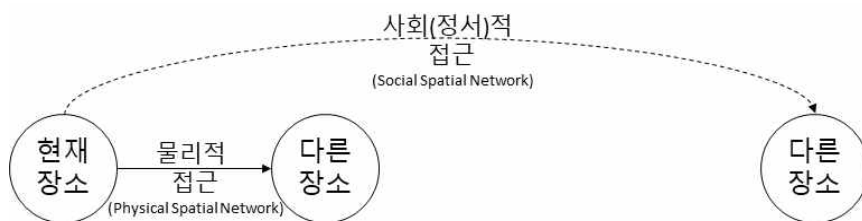
본 연구에서 사회적 공간이란 인간사회와 관계를 갖고 있는 공간에 관한 것이다. 이는 건축이나 도시에서 다루는 장소와 같은 맥락을 갖고 있다. Tuan(1979)은 ‘공간에 인간이 가치를 부여할 때 장소가 된다.’고 정의하였다. 현대 지리학의 학문적 용어로서의 공간은 ‘지구 표면의 공간’을 의미한다(Relph, 1985). 기하학적 공간은 동질적이고 획일적이며 중성의 균질한 성격을 지닌다(이성환&황기원, 1997). 그러나 현실 세계의 공간은 기하학적 공간이 아닌 일상적으로 경험하는 세계 속에 있기 때문에 가까움, 멀, 거리 및 방향 등 지각적 공간이 현실 생활이 기본 조건이 되고 있다(이성환&황기원, 1997). Trancik(1986)는 ‘추상적이고 물리적인 공간’이 ‘문화적이거나 지역적인 것을 기반으로 나타나는 맥락적 의미를 담게 됨으로써 장소가 된다.’고 말함으로써 실존적 공간과 장소와의 밀접한 관계를 분명하게 인식할 수 있게 되었다. 즉 물리적 공간에 사회적 혹은 문화적 의미가 부여 됐을 때 비로소 사회적 공간(장소)이 형성된다고 볼 수 있다. 현대 도시 생활에서 물리적 공간에 사회적 의미를 부여 하는 방식에 있어 실존 공간에 대한 가상공간 상의 공간/위치에 관련된 정보를 교환하는 과정에서 간접체험하게 하고, 또한 더 많은 사람들로 하여금 장소 형성에 동참하게 만든다.

사회적 공간은 물리적 공간에 인간의 사회문화적 의미가 부여된 공간 형태로서 사회적 공간들은 단히 독립된 존재가 아닌 그 안에 내재된 사회적 연결들로 상호 연결되어 있는 존재이다. 이와 같은 사회적 공간들의 상호 연결 관계는 서로 물리적으로 멀리 떨어져 있어도 가능하다. 가상공간 상에서 다루어지는 사회적 공간은 실제 현실 세계의 특정 위치를 중심으로 소통하고 상호작용하면서 사회적 공간들 사이에 더 다양한 연결 관계가 형성될 가능성을 열어주었다. 이는 우리가 가

상공간에서의 커뮤니티 그룹에서 현실 세계의 특정 위치에 관한 담론을 나누는 것으로 시작된다. 특정 위치에 관한 많은 사람들의 담론이 오고가는 과정에서 실제로 그 위치로 이동하게 되는 역동적인 현상이 일어난다. 이렇게 가상공간의 사회적 공간에 관한 담론을 통해 실제 사회적 공간(장소)들 사이에서 사람들의 이동패턴(사회적 공간간의 연결 관계)을 찾아 볼 수 있다.

3.2.2. 사회적 공간 네트워크의 개념

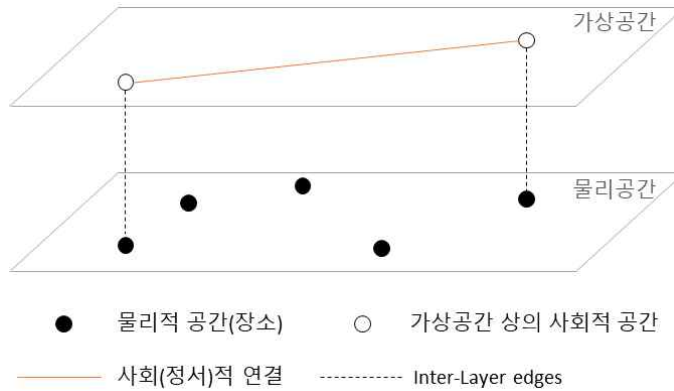
사회적 공간 네트워크란 사회적 공간(장소/위치)이 사회적 연결 관계로 재현된 네트워크이다. 사회적 공간 네트워크는 두 장소가 지리적으로 떨어져 있음에도 시·공간적 거리를 넘어 두 장소가 가깝게 느껴지는 관계에 의해 연결된 공간/위치/장소 네트워크이다. 예를 들어 특정 장소에 머무르던 사람들이 물리적으로 인접하지 않은 어떤 특정 장소로 이동했다면 이 두 장소의 관계는 물리적인 연결 관계가 아닌 사회적 연결 관계가 있다고 볼 수 있다.



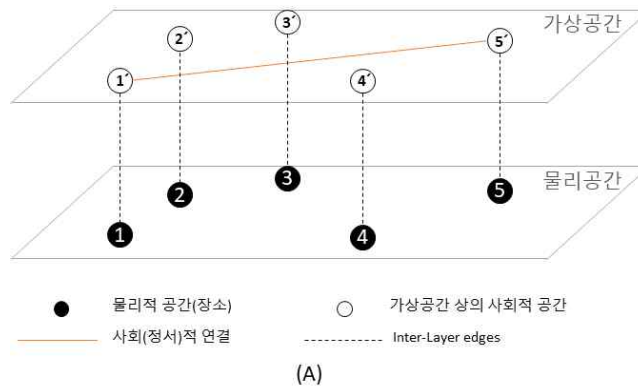
[그림 3-3] 물리적 공간 연결과 사회적 공간 연결 개념도

물리적 공간에서 노드(node)를 연결하는 에지(edge)는 도로가 될 수 있고, 가상공간에서 노드를 연결하는 에지는 두 노드사이에서 실제로 사람들의 이동흔적이 될 수 있다. 사회적 연결과 물리적 공간의 연결은 공통적으로 접근성에 초점이 맞추어져 있다. 공간구문론에서 물리적 연결의 1단계(두 노드 사이의 한 번의 이동)를 깊이(접근성 난이도) '1'로 표현한다. 사회적 연결도 마찬가지로 두 장소 간의 접근성 난이도를 반영한다. 다시 말해 두 장소사이에 사회적 연결이 있으면 두 장소사이의 상호 접근성은 사회적 연결이 없는 것에 비해 접근성 난이도가 낮음을 의미한다. 예를 들어 [그림 3-3]에서 사회적 연결이 있는 멀리 떨어져 있는 1번 장소와 5번 장소 간 깊이가 '1'이라면 물리적 연결이 없는 1번 장소와 2, 3, 4

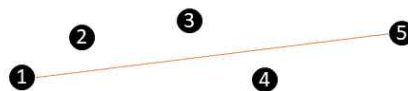
번 장소 간 깊이가 ‘ ∞ ’을 의미한다.



[그림 3-4] 가상공간에서 물리적 공간의 사회적 연결



(A)

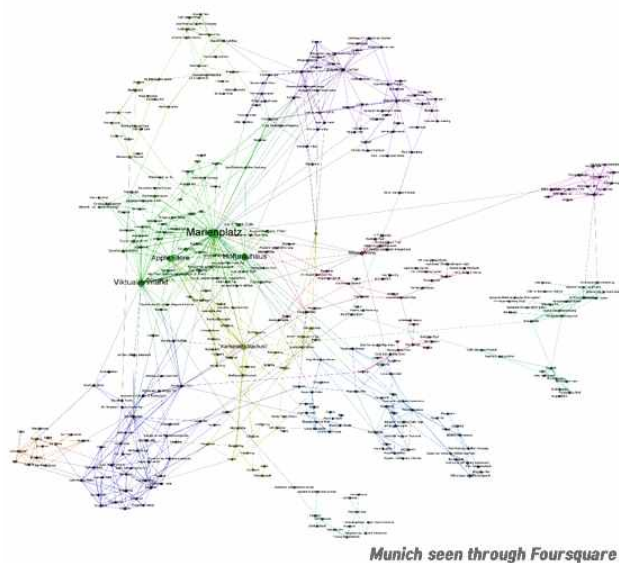


(B)

[그림 3-5] (A) 사회적 공간 네트워크,
(B) 사회적 공간 네트워크의 그래프

도시는 물리적인 가로망과 지하철 선로에 의한 연결 관계도 있지만 가상공간에서 위치 또는 장소를 기반으로 하는 소셜 네트워크에 의해 형성된 연결 관계도 존재한다. 예를 들어 식사 후 카페로 이동하는 프로세스는 장소와 장소사이에 일정한 방향성을 가진 연결 관계가 존재한다. 장소와 장소의 사회적 연결은 사람들

이 실제로 두 장소사이에서 이동한 흔적에서 찾아 볼 수 있다. 다시 말해 장소-A를 방문했던 사람들이 대체로 장소-B를 많이 찾는다면 이 두 장소 사이에는 사회적 연결 관계가 있음을 보여준다. 장소와 장소의 연결 관계는 각 장소가 갖는 의미에 따라 그들 사이의 연결 관계에도 다양한 형태가 존재할 것이다. 그러나 실제로 장소가 갖는 의미를 확인하여 그 의미들의 상호 연관성을 일일이 확인하여 재현하는 것은 지금의 상황에서는 불가능하다. 장소와 장소의 연결 관계가 표면으로 드러나는 현상을 보고 그들의 연결 관계를 추적해 볼 수 있다. 즉 특정 장소사이에 특정 사람들이 많은 이동을 하였다는 것은 그 두 장소사이에는 그 두 장소사이를 이동한 사람들에게 특별한 의미가 있는 관계를 찾아볼 수 있다. 이와 같은 장소와 장소사이의 사회적 연결은 가상공간의 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network) 빅 데이터에서 찾아 볼 수 있다. [그림 3-6]은 독일 뮌헨에서 수집된 Foursquare LBSN Big Data를 기반으로 구축한 사회적 공간 네트워크이다. 이것은 Foursquare 사용자들이 뮌헨도시의 특정 장소들 사이에서 실제로 이동한 흔적으로 재현한 사회적 공간(장소) 네트워크이다. 이러한 네트워크의 재현 방식에 관한 자세한 내용은 뒷 장절에서 자세히 설명하고자 한다.



[그림 3-6] Foursquare 기반 사회적 공간 네트워크
(독일 뮌헨) (출처: <http://beautifuldata.net/2014/05>)

3.3. 사회·물리적 공간 네트워크

3.3.1. 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크의 관계

앞서 기술한 바와 같이 물리적 공간 네트워크는 실존 공간들의 물리적 연결(이동성 혹은 가시성 기반으로 하는 연결)에 의해 재현된 공간 네트워크이고, 사회적 공간 네트워크는 장소(사회적 공간)사이에 사회적 연결에 의해 재현된 공간 네트워크이다. 이 두 가지 네트워크의 공통된 접점은 실존 공간이다. 다시 말해 물리적 공간은 실존 공간을 말하고, 사회적 공간은 실존 공간에 사회적 의미가 부여된 공간형태로서 물리적 공간에 사회적 공간이 존재한다. 그러나 이 두 가지 공간 네트워크의 차이점은 공간들 사이의 연결 관계에 있어 서로 다른 방식의 연결 형태를 갖고 있다. 이와 같은 내용을 종합하면 물리적 공간에 사회적 공간이 존재하고, 물리적 공간과 사회적 공간에는 물리적 연결과 사회적 연결이 동시에 존재한다.

또한 물리적 공간 네트워크의 연결 관계가 물리적 연결로서 정적인 특성을 갖고 있어 정적 공간 네트워크로 볼 수 있다. 반면 사회적 공간 네트워크의 연결 관계가 사회적인 동적인 특성을 갖고 있어 동적 공간 네트워크로 볼 수 있다.

3.3.2. 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크 통합

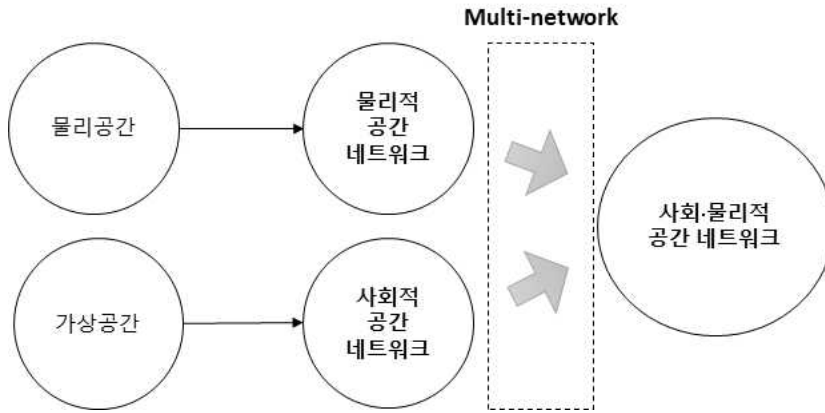
1980년대에 고안된 공간구문론(Space Syntax)은 인간이동행태패턴이 물리적 공간 환경의 영향을 받는다는 원론에서 정립된 이론으로 공간분석의 대상은 정적인 건조환경의 물리적 공간 네트워크로 한다. 그러나 1990년대 중후반부터 인터넷 사용자가 폭발적으로 증가하면서 인간의 삶은 가상공간 상 소셜 네트워크의 영향을 많이 받게 되었다. 가상공간에서 SNS(Social Network Service)의 발전은 인간의 사회연결망에 막대한 영향을 미치게 되었다. 과거의 통신기술이 지금까지처럼 발달되지 못했을 때의 소통은 전화나 편지 혹은 직접 만남을 통해 이루어졌다. 그러나 현대 사회에서의 소통은 과거에 비해 가상공간에서의 SNS를 통해 전 세계 어디에 있는 어떤 사람이든 쉽게 접할 수 있어 사회연결망은 기하급수적으로 커지게 되었다. 2000년대 초반부터 장소(지리적 위치)를 기반으로 하는 SNS의 발전이 지금까지 이어지고 있다. 2009년 Foursquare의 시작으로 페이스북, 트위터, 인스타그램

등 많은 기존 SNS가 위치를 기반 기능이 탑재된 SNS로 변신하기 시작하였다. 위치를 기반으로 하는 서비스의 대표로 우버, 카카오택시, 디디추싱 등 운송을 목적으로 하는 운송 네트워크 서비스도 나타나게 되었다. 이와 같은 가상공간의 다양한 위치 기반 네트워크 서비스의 발전은 우리의 출행에 직간접적인 영향을 미치고 있다. 가상공간에서 특정 위치(장소)에 대한 정보의 접근성이 좋아지면서 과거의 목적지였던 위치(장소)들의 지리적 범위나, 유형이 다양화 되어간다.



[그림 3-7] 인간이동행태패턴에 영향을 미치는 물리와 사회적 공간 네트워크

지금 가상공간에서의 동적인 위치 기반 소셜 네트워크가 인간이동행태패턴에 영향을 미치고 있고, 이런 영향은 기존 상대적으로 정적인 물리적 공간 네트워크를 분석 대상으로 하는 공간분석기법은 한계가 있다. 그 이유는 도시의 물리적인 가로망 체계에 변화가 없음에도 인간이동행태패턴은 다이내믹한 변화양상을 보이기 때문이다. 물리적 공간 네트워크에 변화가 없음에도 인간이동행태패턴이 역동적으로 변화하고 있음은 물리적 공간 네트워크 외에 또 다른 영향이 존재하고 있음을 시사한다. 그래서 현실 세계에서의 인간이동행태패턴은 정적인 물리적 공간 네트워크(Physical Spatial Network)와 동적인 사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network)의 영향을 동시에 반영해줄 필요가 있다. 본 연구는 역동적인 인간이동행태패턴의 변화를 사회적 공간 네트워크의 작용으로 가정하고, 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크를 동시에 고려하는 통합된 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)를 제안한다.



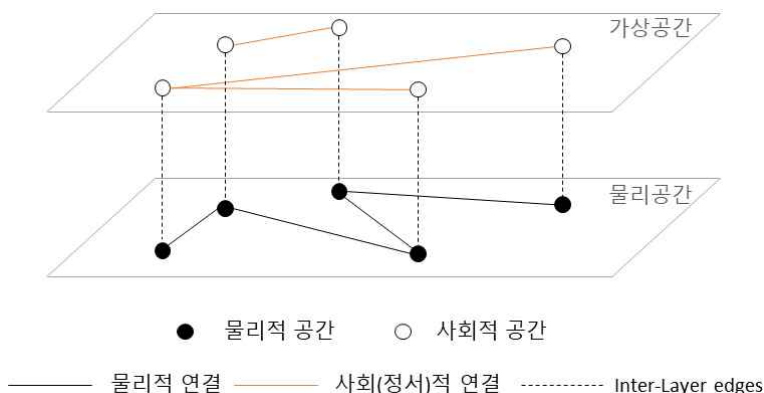
[그림 3-8] 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크의 통합 개념

본 연구에서 물리적 공간 네트워크(Physical Spatial Network)와 사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network)를 통합시키기 위해 네트워크 과학에서 여러 가지 유형의 네트워크를 통합시키기 위해 사용되는 다중 네트워크(multi-network) 개념을 적용하고자 한다. 다중 네트워크는 서로 다른 노드와 에지 유형을 가진 두 개 이상의 네트워크를 하나의 통합된 네트워크로 묶어주기 위해 개발된 개념이다.

3.3.3. 사회·물리적 공간 네트워크 개념

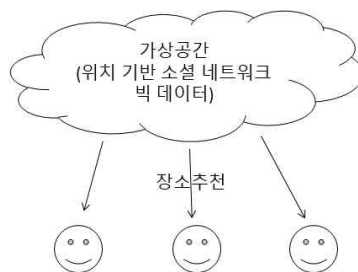
사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)는 사회적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크의 통합된 새로운 공간 네트워크이다. 사회·물리적 공간 네트워크에서 노드(단위공간)는 실제 현실 세계에서의 공간이고, 에지(두 단위공간 간의 연결 관계)는 물리적인 연결과 사회적인 연결로 구성되었다. [그림 3-9]와 같이 인간의 사회적 활동이 일어나는 지상에는 유클리드적인 물리적 연결이 있고, 가상공간에는 사회적 연결이 존재한다. 이러한 연결 관계는 현실 세계에 있는 장소들을 상호 연결해주는 역할을 하게 된다. 장소들 사이에 사회적 연결 관계가 형성되는 데는 인간의 사회적 상호작용에 의해 형성된다. 현대 사회에서 인간의 사회적 상호작용은 가상공간에서 인터넷을 통해 더 많고 다양한 사람들과 이루어진다. 장소를 중심으로 인간들의 사회적 상호작용으로 형성된 사회적 연결은 인간의 이동패턴에서 찾아 볼 수 있다. 그것은 특정 장소에 있던 사람

이 다른 장소로의 이동에는 그 두 장소간의 사회적 연결이 있음을 보여준다.



[그림 3-9] 사회·물리적 공간 네트워크 개념도

공간구문론에서 도시공간을 분석하기 위해 추상화하여 재현하는 축선도(axial map)는 사회·물리적 공간 네트워크에서 물리공간에서의 물리적 공간들의 네트워크이다. 그리고 가상공간(인터넷)에서 물리적 공간(장소)에 관한 정보의 공유와 조회에서 나타나는 특정 장소들 사이의 사회적 연결 관계로 형성된 네트워크는 가상공간 상의 공간 네트워크이다. 물리공간과 가상공간에 존재하는 복잡한 물리적 공간들의 물리적·사회적 연결은 인간의 이동행태에 직간접적으로 영향을 미친다.

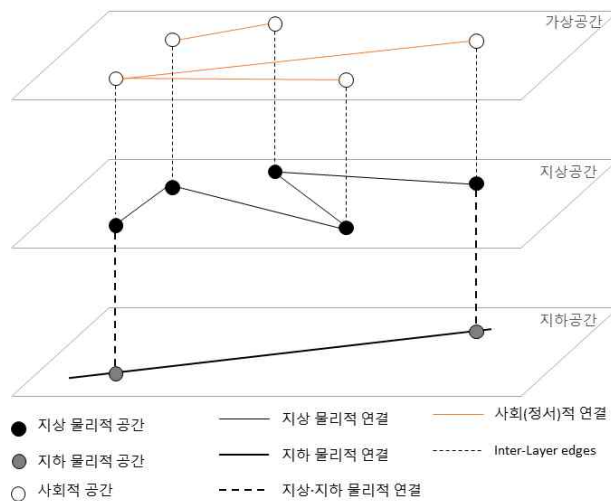


[그림 3-10] 가상공간의 장소추천 개념도

기존 공간구문론에서 다루어 왔던 축선도와 같은 물리적 공간 네트워크를 기반으로 하는 공간분석기법은 인간이동행태패턴에 영향을 미치는 물리적 공간의 네트워크만 고려한 것이다. 그러나 현대 사회에 들어 인간의 이동수단의 발전과 소통 방식의 획기적인 발전으로 인간의 이동행태에도 막대한 영향을 주고 있다. 이와 같은 시대적 배경에서 공간분석기법에도 상응한 변화가 있어야 한다. 앞서 기술한 바와 같이 우리의 일상생활은 가상공간 상의 위치를 기반으로 하는 소셜 네트워크의 영향을 많이 받고 있다. 이런 영향은 우리의 사회적 행태에도 영향을 미치게 되는데 가장 직관적인 영향은 사람이 어디로 이동할 것인지를 개인 맞춤형

장소/위치(location)로 추천을 해주는 것이다. 장소 추천은 우리의 이동행태에 직접적인 영향을 미친다. 가상공간에서 실제 장소/위치에 대한 분석을 통해 인간에게 맞춤형 장소로 제시해준다. 이러한 장소 추천의 영향으로 사람들의 이동패턴에도 일정한 규칙성이 나타나게 된다. 규칙성이라고 말하는 이유는 가상공간에 접속하여 장소추천을 받는 사람들은 같은 위치 기반 소셜 네트워크 서비스의 데이터에서 추천을 받기 때문이다. 물론 개개인마다 추천 받는 장소는 다르지만 이런 가상공간의 영향으로 특정 장소와 장소 간에 사회적 연결 현상이 나타난다.

사회적 연결은 두 장소가 지리적으로 멀리 떨어져 있음에도 시·공간적 거리를 넘어 두 장소가 가깝게 느껴지는 관계를 가리킨다. 예를 들어 사람이 지금 위치한 장소에서 다음 장소로 이동하는데 물리적으로 가까운 곳이 아닌, 물리적으로 멀리 떨어진 다른 장소로 이동했음은 현재 장소와 목적지 장소의 사회적 거리가 가까움을 설명한다. 인간은 특정 장소로의 이동여부는 시·공간적인 영향 외에 그 장소에 대한 사회적인 선호도(매력도)에 의해 결정된다. 다시 말해 특정 장소에 머무르던 사람들이 물리적으로 가깝게 인접한 다음 장소로 이동하는 것이 아닌, 물리적으로 멀리 떨어진 다음 장소로 이동했다면 이 두 장소의 관계는 물리적인 연결 관계보다 사회적 공간의 작용이 있음을 보여준다.



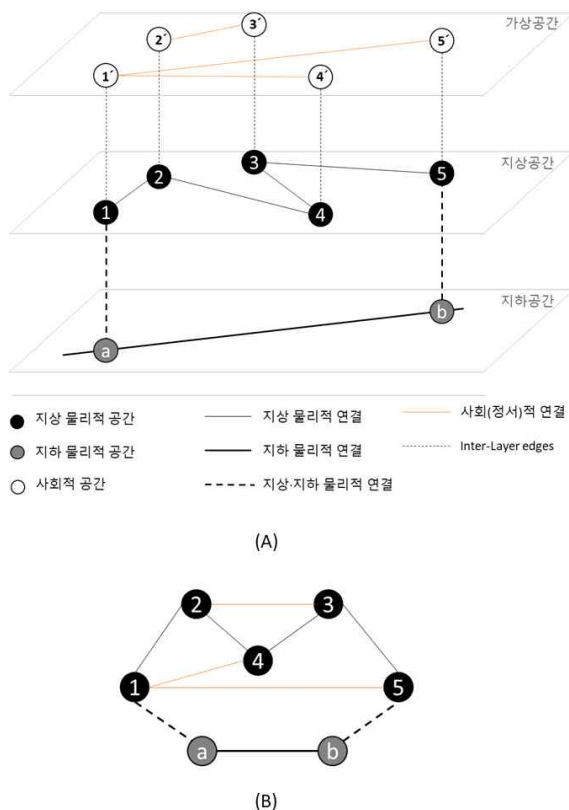
[그림 3-11] 지상·지하 물리적 공간 네트워크를 고려한 사회·물리적 공간 네트워크 개념도

사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)는 인간의 이동행태 패턴이 장소/위치/공간들 사이의 물리적 연결과 사회적 연결의 영향을 받고 있음을 동시에 고려한 다중 공간 네트워크이다. 사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network)는 LBSN Big Data에서 LBSN의 사용자가 두 장소/위치 사이에서 실제로 이동한 기록으로 재현할 수 있다. 물리적 공간 네트워크(Physical Spatial Network)는 기존의 공간 재현 방법을 개선한 지상·지하 공간 네트워크로 재현할 수 있다.

본 연구에서 제안하는 사회·물리적 공간 네트워크는 노드(공간/위치/장소)들을 연결하는

에지의 유형이 두 가지인 경우이다. 다시 말해 공간/위치/장소의 연결을 물리적 연결과 사회적 연결 두 가지 에지(연결)로 구성되는 다중 네트워크이다.

사회·물리적 공간 네트워크는 지상·지하 물리공간과 가상공간 상의 물리적 공간(장소)들의 물리적·사회적 연결로 재현되는 공간 네트워크이다. 지상·지하 물리적 공간 네트워크는 지상의 도로와 지하의 지하철역을 물리적인 연결로 재현된 공간 네트워크이다. 여기서 물리적 연결에는 도로와 도로의 연결, 지하철역과 지하철역의 연결, 도로와 지하철역의 연결 3가지 연결이 있다. 사회적 공간 네트워크는 실제 현실 세계의 공간/위치/장소들을 사회적인 연결 관계로 재현된 공간 네트워크이다. 물리공간 상의 공간 네트워크와 가상공간 상의 공간 네트워크의



[그림 3-12] (A) 지상·지하 공간 네트워크를 고려한 사회·물리적 공간 네트워크, (B) 사회·물리적 공간 네트워크의 그래프


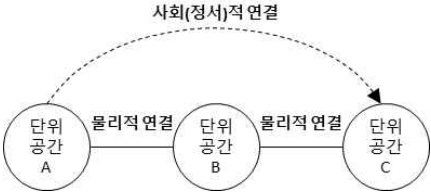
접점은 실제 현실 세계의 물리적 공간/위치/장소에서 만난다.

사회·물리적 공간 네트워크(그래프)의 노드(node)는 지상과 지하의 물리적 공간이고, 에지(edge)는 가상공간의 사회적 연결, 지상 물리적 연결, 지하 물리적 연결 및 지상과 지하의 물리적 연결 총 4가지 유형으로 구성되어 있다([그림 3-12]).

3.4. 소 결

기존 물리적 공간 네트워크(Physical Spatial Network)와 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)의 개념은 큰 차이를 갖고 있다. 물리적 공간 네트워크는 물리적으로 직접 연결되어 있는 두 공간(위치/장소)을 연결하여 재현된 공간 네트워크이다. 그러나 사회·물리적 공간 네트워크에서 사회적 연결에 의해 만들어진 공간 네트워크는 시공간적인 접근의 용이성이 아닌 장소와 장소의 사회적 연결에 의해 재현된 공간 네트워크이다. 또한 장소와 장소의 연결 관계에 방향성이 있다. 이런 특성은 실제로 사람들이 어떤 장소에 방문했다가 다음 장소로 이동할 때 그 전 장소와 관련이 있는 다음 장소로 이동을 하게 되는 것과 관련이 있다.

[표 3-1] 물리적 공간 네트워크와 사회·물리적 공간 네트워크의 특성 비교

	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 물리적으로 인접한 두 장소(공간)가 연결 관계를 가짐 2. 연결의 방향성이 없음 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 두 장소의 연결은 물리적 연결과 사회적 연결로 이루어 짐 2. 물리적 연결은 방향성이 없고, 사회적 연결은 방향성이 있음

제 4 장 사회 · 물리적 공간 네트워크 구축

4.1. 사회적 공간 네트워크 구축

4.2. 물리적 공간 네트워크 구축

4.3. 사회 · 물리적 공간 네트워크 구축

4.4. 소 결

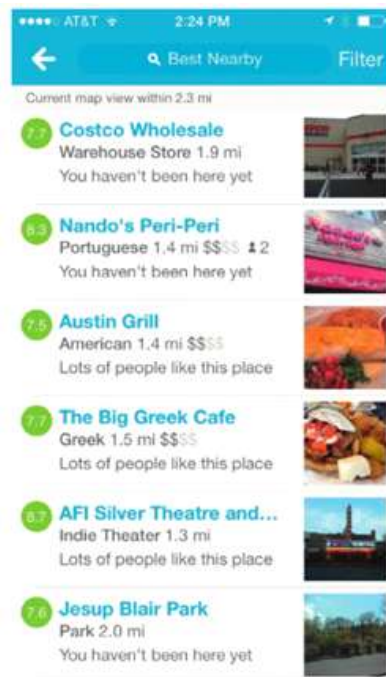
4.1. 사회적 공간 네트워크 구축

4.1.1. 포스퀘어(Foursquare)

(1) 개요

GPS가 장착된 모바일 기기들의 높은 보급률과 광대역 인터넷 접속량의 급속한 증가로 개인은 ‘사람, 서비스, 정보, 장소 및 전 세계와의 연결을 위해 설계된 애플리케이션’에 대한 액세스를 얻게 되었다.³⁸⁾ 결과적으로 소셜 네트워크 사이트 내에서 사용자가 생성한 콘텐츠의 유형과 양은 많이 발전되었다. 이러한 정보는 확실히 Web 2.0의 도입으로 지리 정보가 수집, 저장 및 배포되는 방식을 바꾸어 놓았다.³⁹⁾ 이때부터 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Networks) 혹은 위치 기반 참여 플랫폼(Location Based Engagement Platforms)이 등장하기 시작하였다.⁴⁰⁾

Foursquare는 location-based social media service, 주로 모바일 기기(iPhones and Android Phones)에서 작동한다. 사용자는 상점, 식당, 스포츠 경기장 등과 같은 장소에 check-in을 할 수 있다. 사용자의 친구들은 그들이 방문한 장소를 알 수 있다. Foursquare는 게임 요소가 있는데, 사용자는 각 체크인에 대해 포인트를 받고 포인트 점수로 순위가 매겨진 친구를 모두 나열한 리더 보드를 볼 수 있다.



[그림 4-1] 사용자 근처 장소(venues) 리스트

38) R. Reed, The SoLoMo Manifesto or just about everything marketers need to know about the convergence of social, local and mobile, In: MOMENTFEED (ed.), 2014.

39) T. O'Reilly, What is Web 2.0 [Online]. Available: <http://oreilly.com/lpt/a/6228>, 2014.

40) Using Data from Foursquare Web Service to Represent the Commercial Activity of a City. 2015

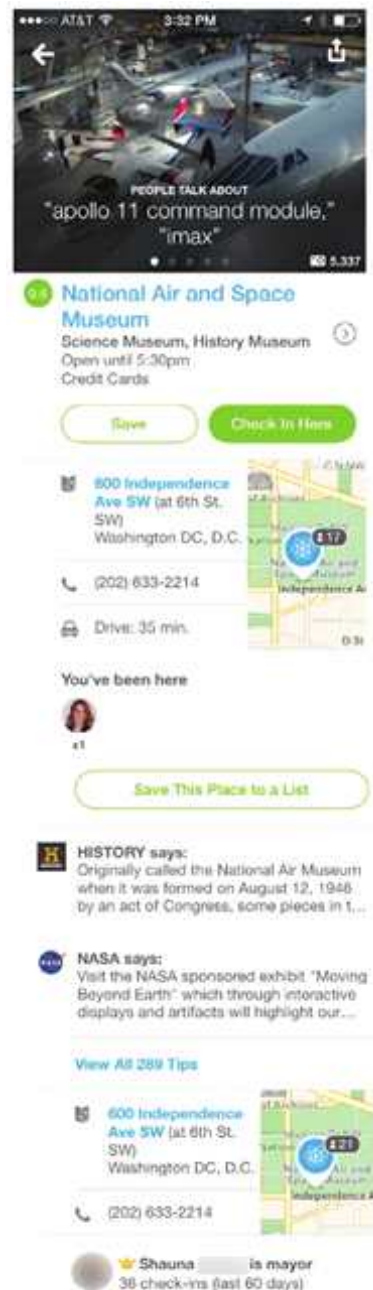
Foursquare는 2015년 4월을 기준으로, 서비스 가입자 5500만 명, 7000만개의 팁(특정 장소에 대한 정보), 70억 회의 체크인을 돌파하였다. Foursquare 사용자 중 남성 60%와 여성 40%, 대학졸업 이상 60%, 젊은 사용자(18세~29세) 40%, 약간 나이 든 사용자(30세~42세) 40%로 집계 되었다(Jennifer Golbeck, 2015).

[표 4-1] Foursquare 사용자 구성 (Jennifer Golbeck, 2015. 재구성)

구분		전체 대비 사용자 비율
성별	남	60%
	여	40%
대학졸업 이상		60%
18세~29세		40%
30세~42세		40%

사용자가 Foursquare App을 열면 주변 가까이 있는 check-in 가능한 장소를 볼 수 있고(그림 4-1), 만약 장소가 Foursquare에 없으면 새로운 장소로 추가할 수 있다. 예를 들어, 새로 오픈한 식당이면 방문자가 새로운 장소로 Foursquare에 추가할 수 있다.

Foursquare 사용자가 특정 장소를 선택하면 해당 장소에 관한 주소, 영업시간 등과 같은 자세한 영업 정보와 다른 사용자가 남긴 tips 정보들을 확인할 수 있다(그림 4-2). Check-in 하면 해당 장소 관한 추가 정보와 지금 check-in 하고 있는 사람 수, 해당 장소를 방문한 사용자들의 방문횟수 순위를 확인할 수 있다(그림 4-3). [그림 4-4]와 같은 화면에서 상단에 있는 'Check in Here'을 클릭하면 사용자가 방문기록을 남기



[그림 4-2] National Air and Space Museum 장소(venue) 페이지

게 된다.



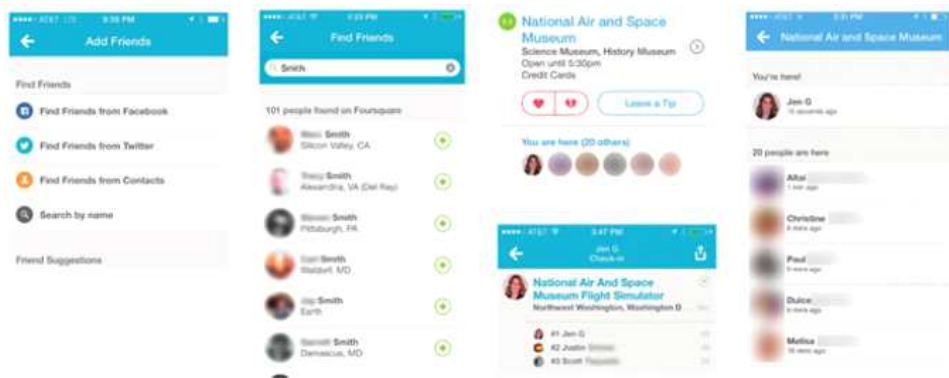
[그림 4-3] 장소 관련 추가 정보



[그림 4-4] 친구와 각 방문횟수 순위

(2) Foursquare 친구 찾기

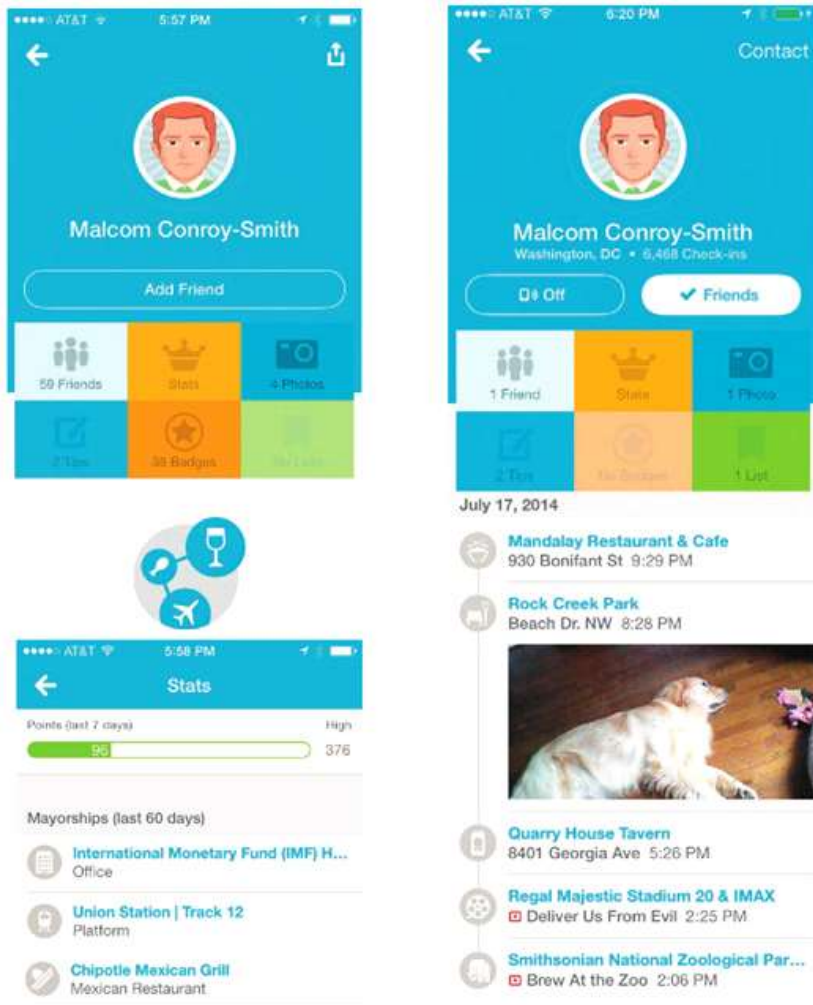
Foursquare의 Add Friends에서 Facebook, Twitter의 친구를 Contact 통해 찾을 수도 있다. 친구 이름 검색, 친구 프로파일을 통해 친구를 찾을 수도 있고, 기타 방문 장소에 있는 다른 사용자를 통해 찾을 수도 있다.



[그림 4-5] Foursquare에서 친구 찾기

(3) 장소 정보 얻기

Foursquare에서 장소 관련 정보는 친구나 다른 사람을 통해 얻을 수 있다. Foursquare의 친구가 아닌 경우 해당 사용자의 프로파일을 통해 장소를 찾을 수 있다.

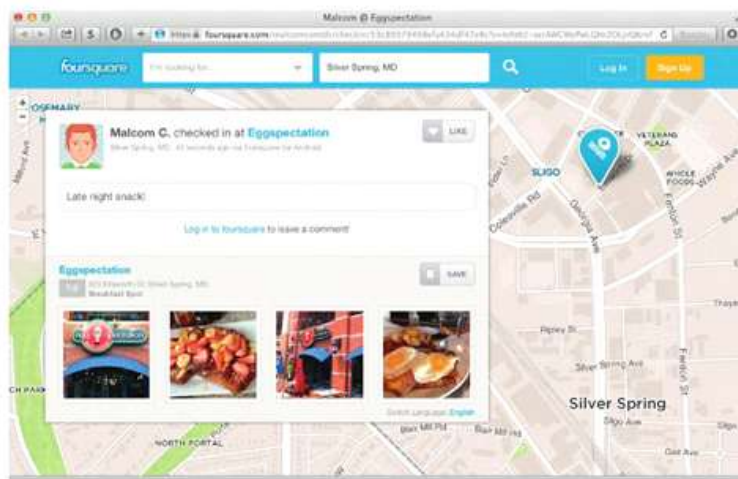


[그림 4-6] 사용자 프로필에 있는 장소(좌), 사용자 친구의 방문 장소(우)

Foursquare는 다른 SNS를 통해서도 접근이 가능하다. 예를 들어 Twitter에서 Foursquare LBSN Service에 접속할 수 있다(그림 4-7, 4-8).



[그림 4-7] Twitter에서 Foursquare check-in하기



[그림 4-8] Twitter에서 check-in한 Foursquare 화면

(4) 프라이버시

Foursquare 사용자의 모든 장소에 대한 체크인 데이터는 친구 만 볼 수 있다. 사용자는 자신의 연락처 정보가 있다면 친구에게 보여줄 여부를 제어 할 수 있다. 사용자는 모든 사람에게 공개적으로 볼 수 있도록 설정해줄 수도 있다. 장소에서 체크인 한 사람들 목록에서 자신의 방문기록이 보이지 않도록 설정해줄 수도 있다.

(5) Foursquare 데이터의 용어 및 의미

① Foursquare 데이터의 용어 및 속성

Foursquare에서 주로 사용되는 용어는 아래 [표 4-2]와 같다. Venue는 Foursquare 사용자가 즐겨 찾는 장소로서 온라인상 소셜 네트워크 서비스에서 친구들 간에 공유하는 위치 정보이다. 이런 Venue를 기준으로 Foursquare 사용자들은 자신이 방문한 장소에 Check-in을 함으로써 상응한 Venue에 방문했음을 기록할 수 있다. 또한 방문한 Venue에 관한 설명을 코멘트 형식으로 Tip을 남길 수 있다. Venue에 관한 설명 형식에는 문자 외에 이미지, 영상과 같은 다양한 방식이 가능하다. 이 외에도 Foursquare 사용자 수의 확대를 위해 Mayership, Super user, Bedge와 같은 게임 콘텐츠를 넣어 더 많은 Foursquare 사용률을 유도하고 있다.

[표 4-2] Foursquare 주요 용어

용어	의미
Venues	사용자들이 즐겨 찾는 장소로서, 친구들 간에 공유하는 위치
Check-in	메뉴에 방문했음을 알려주는 행위
Tips	특정 메뉴를 설명하는 일종의 코멘트 형식의 단문
Mayership	특정 메뉴를 자주 방문하는 사람에게 부여하는 지위
Super user	체크인, 메뉴, 팁과 같은 포스퀘어 서비스를 자주 생성하는 사용자에게 부여하는 지위
Bedge	여러 다양한 장소를 자주 체크인하는 사용자들에게 부여하는 일종의 아이템

Foursquare Venue의 종류는 크게 10가지 범주로 구분하고 각 범주에 상응한 장소 유형들로 구분하고 있다(표 4-3).⁴¹⁾

[표 4-3] Foursquare Venue 종류와 특징

범주	주요 장소유형
예술과 오락	화랑, 미술관, 박물관, 음악공연장, 스포츠 경기장 등
대학	강당, 서점, 구내식당, 연구실 등 대학관련 시설
이벤트	컨퍼런스, 컨벤션, 페스티벌, 퍼레이드 등 행사 장소
음식	미국, 아시아, 중국 등 각종 국가들의 음식 관련 식당, 커피숍
유흥가	바, 라운지, 나이트클럽, 주점 등의 유흥가
공원 및 레크리에이션	골프코스, 테니스 등의 운동시설, 놀이공원, 하이킹, 공원 등의 야외 레크리에이션 장소
전문 및 기타 장소	회의실, 사무실, 건물, 정부 및 공공 기관, 초·중·고등학교 등을 포함
거주지	집, 거주 건물 등의 개인적인 공간
상점 및 서비스	의류, 액세서리 등의 상점 및 미용, 자동차, 은행 등 각종 서비스 장소
교통 및 여행	버스정류장, 고속도로, 항공, 기차, 호텔, 모텔, 등 여행 관련 장소

② Foursquare 데이터의 의미

Foursquare 데이터는 주로 아래와 같은 4 가지 측면에서 연구의 가치를 지니고 있다.⁴²⁾

첫째, 모바일 기기를 통해 사용자가 체크인(check-in) 할 때 물리적 장소에 있을 때만 체크인이 가능하므로 체크인은 실제 방문 장소에 대한 기록정보이다.

둘째, Foursquare는 방문객 수를 venue(장소)를 기준으로 추적하므로 어느 지역이 더 많은 사람을 끌어들이는지 파악할 수 있다.

셋째, 특정 장소에서의 체크인 수, 방문객 수, 좋아요 및 팁과 같은 정보는 해당 특정 장소의 인기를 나타내며 사용자의 도시 경험을 향상시키는 데 사용할 수

41) 각 범주별 구체적인 장소유형은 부록 참조

42) Using Data from Foursquare Web Service to Represent the Commercial Activity of a City. 2015

있다.

넷째, Foursquare 데이터는 공개 스트리밍 API(Application Programming Interface)를 사용하여 다운로드 할 수 있다.

Foursquare 데이터는 연령대의 편향 및 장소 유형의 편향과 같은 인간의 이동성 표현에 대한 몇 가지 한계가 있음에도 불구하고 체크인 데이터는 인간의 이동성을 나타낼 수 있다(Sun, Y., et al. 2016. pp.483). 또한 LBSN 사용자는 주거 지역보다 상업지역에 훨씬 더 자주 체크인 한다.⁴³⁾ Foursquare 사용자가 체크인한 각 장소는 물리적 위치를 나타내며, 이 ‘장소’들은 POI(Point-Of-Interest)로 간주될 수 있다. Foursquare 사용자의 이런 특성은 도시에서 사람들이 선호하는 장소들 사이에서 많은 체크인이 이루어지고, 특정 장소들 사이의 많은 체크인의 반복은 그 두 장소사이에 일정한 사회적 연결 관계가 있음을 보여준다.

4.1.2. Foursquare 기반 사회적 공간 네트워크 구축

앞서 기술한 바와 같이 인간의 이동행태는 두 장소의 물리적 시공간적 접근성 외에 사회적 연결의 영향을 받고 있을 것으로 확인하였다. 장소들의 사회적 연결은 가상공간 상의 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network)의 영향을 받는다. 사회적 공간 네트워크는 결국 LBSN의 사용자에 의해 형성된다고 볼 수 있다.

LBSN Big Data 안에 장소들 사이의 사회적 연결 관계가 담겨져 있을 것이다. 본 연구는 LBSN Big Data를 수집-가공-정제시켜 그 안에 있는 장소들 사이의 사회적 공간 네트워크를 구축하고자 한다.

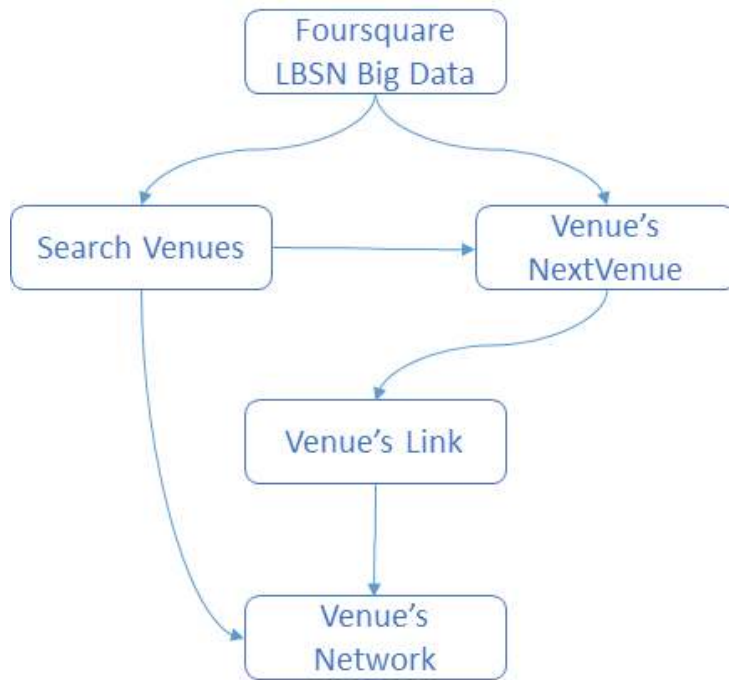
본 연구에서 위치 기반 소셜 네트워크(LBSN)의 대표적 서비스인 Foursquare를 분석 대상으로 설정하였다⁴⁴⁾. Foursquare는 장소의 지리적(공간적) 위치 정보

43) Sun, Y., et al. (2016). "Identifying the city center using human travel flows generated from location-based social networking data." Environment and Planning B: Planning and Design 43(3): 480-498.

44) Foursquare는 LBSN 서비스이자 개발회사 명칭이기도 하다.

를 소셜 네트워크에 공유하면서 장소에 대한 방문자 수, 방문횟수, 팁 등 정보를 공유할 수 있는 소셜 네트워크 서비스이다. Foursquare에서 장소를 베뉴(Venue)라고 명명하되, 베뉴의 유형에 대해 세분화된 분류체계를 갖고 있다. 예를 들어, 특정 장소가 예술과 오락, 대학, 이벤트, 음식, 유흥가 등 범주로 분류되고 그 안에 세분화된 분류가 되어 있다.

Foursquare 사용자에게 의해 축적된 LBSN Big Data를 Foursquare 오픈 API(Open Application Programming Interface)를 통해 수집한다. Open API는 누구나 사용할 수 있도록 공개된 API이다⁴⁵⁾.



[그림 4-9] Foursquare Venue's Network 구축 흐름도

본 연구에서 장소와 장소의 사회적 연결을 Foursquare 사용자가 특정 두 장소 사이에서 이동이 이루어졌는지 여부에 따라 생성시킨다. 예를 들어 LBSN 사용자가 원래 장소에서 다른 장소로의 이동이 이루어진 사실이 있다면 두 장소사이에

45) Open API는 지도 서비스 및 다양한 서비스들에서 시도되고 있고, 누구나 접근하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 구글맵, 네이버지도, 다음지도, 블로그 등 서비스에도 Open API를 제공한다.

사회적 연결 관계가 있다고 본다.

위와 같은 사회적 공간(장소) 네트워크를 구축하기 위해 아래와 같은 절차가 필요하다. 우선 분석 대상지의 장소 정보를 수집한다. 여기서 해당 지역의 모든 유형의 장소에 관한 정보를 수집한다. 두 번째 단계로 앞서 수집한 장소를 기준으로 사용자들(Users)이 다음 이동 장소로 이동한 장소를 추적한다. 여기서 모든 다음 이동 장소를 추적하는 것이 아닌, 원래 출발 장소와 다음 이동 장소의 확실한 사회적 연결 관계를 보장하기 위해 특정 장소로부터 다른 장소들로 이동한 사용자 수 중 상위 5위에 속한 다음 장소만 추적한다.⁴⁶⁾ 세 번째 단계에서는 출발 장소와 목적지 장소를 기준으로 Venue's edge를 생성한다. 마지막으로 출발 장소(Venue), 목적지 장소(Venue)와 Venue's edge로 Venue's Network(사회적 공간 네트워크)를 구축한다.

4.1.3. 사회적 공간 네트워크 특징

이렇게 구축된 사회적 공간 네트워크는 아래와 같은 특징을 갖고 있다. 에지(edge)에 다양한 속성을 갖고 있는데, 공간 거리(spatial distance), 시간적 거리(temporal distance), 사회적 거리(social/affective distance)와 같은 의미를 갖는다. 공간 거리는 이웃을 생각하는 의미를 갖고, 시간적 거리는 물리적 거리는 크지만 고속의 이동으로 짧은 시간적 비용을 의미하고, 사회적 거리는 공통된 라이프 스타일에 속한 장소의 연결을 의미한다(표 4-4).

[표 4-4] Venue's Network 에지(edge)의 3가지 의미

링크 속성	의미
공간 거리 (spatial distance)	근처에 있는 장소가 연결될 가능성이 크다.
시간적 거리 (temporal distance)	짧은 시간 내에 도달 할 수 있는 장소가 연결될 가능성이 크다.
사회적 거리 (social distance)	공통된 라이프 스타일에 속한 장소는 연결될 가능성이 큼

46) 이를 추출하는 도구는 Foursquare Open API에 NextVenue라는 쿼리(query)를 사용한다.

4.2. 물리적 공간 네트워크 구축

본 연구에서 구축하고자 하는 물리적 공간 네트워크는 지상의 가로망을 기준으로 하는 공간 네트워크(축선도)와 지하철선로망을 기준으로 하는 지하 공간 네트워크를 통합시킨 것이다. 이와 같은 물리적 공간 네트워크를 구축하기 위해 지상과 지하 공간 네트워크로 구분하여 각각 구축하는 방법과 통합시키는 방법이 필요하다. 본 연구에서 가리키는 지상 공간 네트워크란 도시의 지상 가로망을 기준으로 작성하는 일반 축선도이다. 또한 지하 공간 네트워크는 지하철역을 단위공간으로 하고, 지하철역을 연결하는 지하철선로로 구성된 네트워크이다. 지상 공간 네트워크와 지하 공간 네트워크를 통합은 다중 네트워크(multi-network) 개념으로 실현한다.

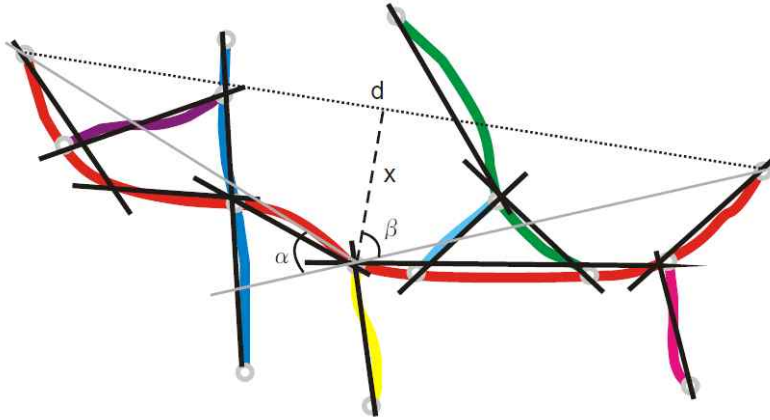
4.2.1. 지상 공간 네트워크 구축

본 연구는 도시를 분석 대상으로 하는 연구로 기존 공간분석 이론에서 도시를 분석하기 위해 개발된 축선도를 지상 공간 네트워크로 활용한다. 도시의 지상 공간은 가로망을 중심으로 펼쳐져 있다. 축선도가 바로 도시의 가로망을 기준으로 공간 네트워크화 하는 방법으로서 도시의 지상 공간을 가장 잘 표현할 수 있는 방식이라 할 수 있다. 기존 많은 연구에서 축선도의 유용성이 충분히 검증되었다.

도시의 오픈 공간으로 대표적인 가로망과 광장과 같은 공간에서 시각적으로 보이는 모든 가시선분들 중에서 가장 적은 선분의 개수로 재현된 네트워크라고 볼 수 있다. 기존 연구들에서 축선도의 재현 과정에 각자 미세한 차이를 보이는 경향이 있다. 그 이유는 수작업으로 가로망을 기준으로 작성하기 때문이다.

물리적 공간 네트워크(Physical Spatial Network)는 LBSN 사용자의 방문 장소를 노드(node)로 하는 사회적 공간 네트워크와 통합시키기 위한 일환이다. 장소로 구축된 네트워크와 통합시키기 위해 물리적 공간 네트워크의 지리적 위치가 있어야 한다. 이것은 기존 축선도의 지리적 위치가 없는 것과 다르다. 그리고 본 연구의 특성 상 보편적으로 위성지도를 놓고 수작업으로 만들던 축선도는 본 연구에서 적용하기가 어렵다. 그 이유는 LBSN 데이터에서 수집한 지리적 경위도

좌표에 따른 위치와 매칭(matching)하기 어렵기 때문이다. 그래서 본 연구에서는 정밀한 전자지도(digital map)⁴⁷⁾의 도로 중심선을 기준으로 축선도를 자동 생성시키는 알고리즘⁴⁸⁾을 사용한다. 전자지도에는 지리적 경위도 좌표계가 있어 LBSN의 경위도 좌표로 표현된 장소/위치와 매칭시킬 수 있다.



[그림 4-10] 자연 도로(컬러 선)를 축선도(검정색 직선)로 변환 (점선은 거리가 d 인 기본 선이고, x 는 기준선에서 떨어진 거리를 가리키고, 두 개의 회색 선은 가능한 축선이지만 최종 선은 아님)(Liu X. and Jiang B., 2012)

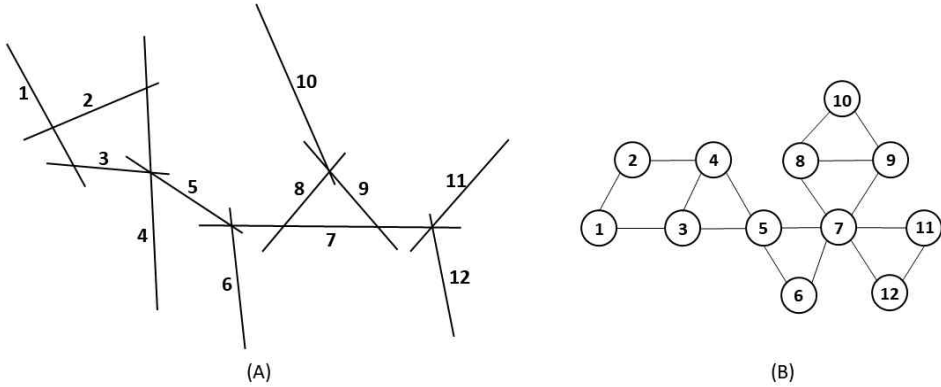
도로 중심선을 기준으로 축선도를 생성하는 절차는 다음과 같다. 우선 [그림 4-10]과 같이 자연도로(natural street)의 양 끝점을 연결하는 기준 직선 d 를 그린다(Liu&Jiang, 2012). 다음으로 직선 d 로부터 가장 멀리 떨어진 자연도로 상 꼭지점까지의 거리 x 를 확인한다. 만약 $x > \text{mean}(x)$ 인 동시에 $x/d \geq 10\% * \text{mean}(x/d)$ 혹은 $x \leq \text{mean}(x)$ 인 동시에 $x/d \geq 10\% * \text{mean}(x/d)$ 와 같은 조건을 만족시키면 자연도로를 꼭지점을 기준으로 두 개의 자연도로로 절단하고, 아니면 자연도로의 양끝점과 꼭지점을 각각 연결해 두 축선을 생성시킨다(Liu&Jiang, 2012).⁴⁹⁾ Liu & Jiang(2012)의 연구에서 Hillier가 연구에서 사용했던

47) 전자지도(digital map)는 컴퓨터 등에서 이용할 수 있도록 디지털 정보로 표현한 지도이다.

48) 전자지도의 도로중심선을 기준으로 축선도를 생성시킨다(Liu X. and Jiang B., 2012). Jiang Bin이 개발한 Axwoman 프로그램은 GIS 기반으로 개발된 공간분석 프로그램으로 도로 중심선을 기준으로 축선도 생성 기능이 탑재 되었다.

49) 여기서 평균 $x = 30$, 평균 $x/d = 15\%$ 로 적용한다. 즉 자연도로를 두 개의 축선으로 생성하

축선도와 비교분석한 결과 도로 중심선을 기준으로 하는 축선도의 유효성이 확인되었다.



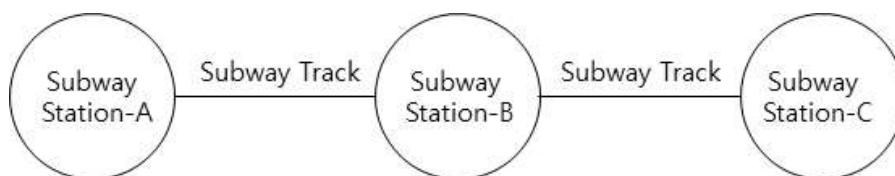
[그림 4-11] (A) 축선도, (B) 그래프

축선도는 선분의 집합으로 각 선분과 선분의 교차는 두 선분사이의 연결 관계가 존재함을 의미한다. 이러한 원칙에 따라 [그림 4-10]과 같이 자연도로 중심선을 기준으로 생성한 축선도는 [그림 4-11] (A)과 같다. 축선도를 지하 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크와 통합시키기 위해 일관되게 그래프로 표현하면 [그림 4-11] (B)와 같다. 축선도는 최종적으로 사회·물리적 공간 네트워크를 구축하기 위한 부분 네트워크이다. 축선도를 비롯해 지하 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크 3 가지 네트워크는 공통적으로 공간 네트워크이지만 각 네트워크의 노드(단위공간)와 에지(연결 관계)는 서로 다른 유형으로 존재한다. 이렇게 서로 다른 유형의 노드와 에지로 구성된 여러 개 네트워크를 하나의 통합된 다중 네트워크(multi-network)로 구축하기 위해 일관된 네트워크 표현 방식으로 그래프를 사용한다.

기 위한 전제조건이 x/d 가 15%의 10%인 1.5%보다 커야한다. 다시 말해 1.5%에 해당되는 두 축선사이의 각도(Figure5에서)가 3.44° 보다 커야한다.

4.2.2. 지하 공간 네트워크 구축⁵⁰⁾

본 연구에서의 지하 공간 네트워크란 도시 지하철선로망을 기준으로 하는 지하철역 네트워크이다. 지하철역과 지하철선로는 도시의 대표적 지하 이동통로이다. 지하철역과 지하철선로에 의해 형성된 지하 이동통로 망을 공간 네트워크로 구축하는 방법은 아래와 같다. 우선 도시 지하 공간 네트워크는 도시 지상 공간 네트워크와 통합시키기 위한 일환으로서 지상의 공간 네트워크와 비슷한 차원으로 구축되어야 한다. 여기서 비슷한 차원이라면 지상의 공간 네트워크에서 한 개의 도로를 단위공간으로 취급했다면 지하의 공간 네트워크에서도 이에 상응한 스케일의 단위공간으로 구축해야 한다는 것이다. 즉 지하철역 자체를 하나의 단위공간으로 보고 지하철역을 상호 연결해주는 지하철선로는 지하철역을 서로 연결해주는 역할을 한다고 볼 수 있다. 또한 두 지하철역 간의 거리는 물리적으로 지상의 두 축선도보다 멀지만 실제로 이동하는 과정에서 난이도가 높지 않다. 다시 말해 지하철에 타면 정지된 상태에서 이동이 이루어지고 그 시간 또한 지상에서 특정 도로에서 그에 인접한 도로로 이동하는데 걸리는 시간과 비슷하기 때문이다.⁵¹⁾

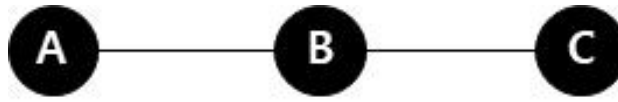


[그림 4-12] 지하철역과 지하철선로

지하철역을 공간 네트워크 상 노드(node)로 표현하고, 지하철역을 서로 연결해주는 선로를 네트워크 상 에지(edge)로 표현할 수 있다.

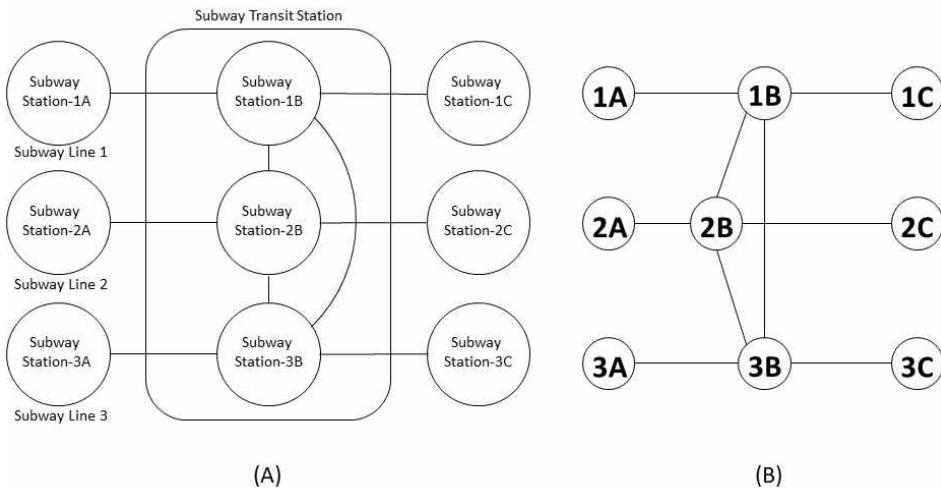
50) 박근송&최재필(2018)의 논문을 재구성하여 작성하였다.

51) 일반적으로 지하철역 간 이동은 2~3분이 소요된다.



[그림 4-13] 지하 공간 그래프([그림 4-12] 기준)

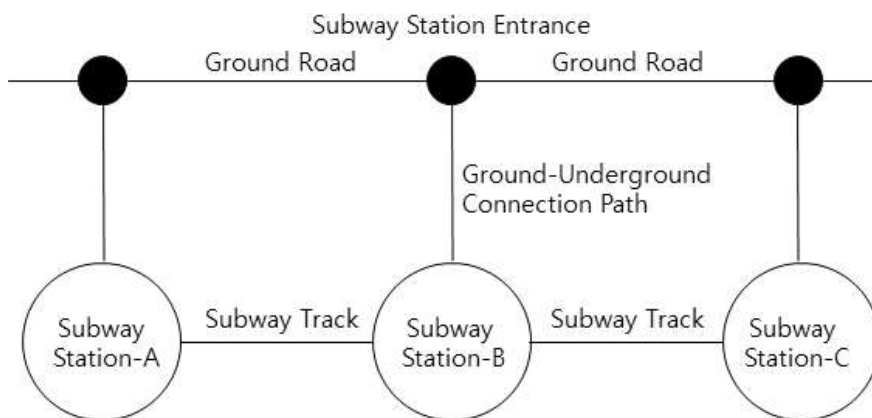
지하철역이 환승역일 경우 각 지하철노선에 해당되는 지하철역을 연결하는 지하철역 내 연결통로를 에지(edge)로 표현할 수 있다. 이것은 공간분석이론의 접근성에 초점을 맞추어 지하철환승역은 같은 지하철역임에도 불구하고 환승을 위한 한 번의 접근성 장애가 발생하기 때문이다. 다시 말해 지하철을 환승하기 위해 지하철에서 하차하여 일정한 이동을 거쳐 다른 열차를 바꿔 승차해야 한다. 그래서 지하철 환승역에 몇 개의 노선이 있으면 그 노선 개수만큼의 단위공간으로 구성되어 있다고 할 수 있다([그림 4-14] (A)). 그 단위공간들은 상호 연결 관계를 갖는다. 그 이유는 환승역에서 모든 노선들 사이를 서로 환승할 수 있기 때문이다. 지하철 환승역 공간 네트워크 재현 방식은 아래 [그림 4-14] (B)와 같다.



[그림 4-14] (A) 지하철환승역 다이어그램, (B) 지하철환승역 그래프

4.2.3. 지상·지하 공간 네트워크 구축⁵²⁾

도시에서 지상의 도로와 지하의 지하철역을 연결해주는 물리적 통로의 유형은 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터 등 다양하다. 이런 통로는 지상의 도로와 지하의 지하철역을 연결해주는 에지(edge) 역할을 한다. 도로와 지하철역의 접점은 지하철역 출입구이다. [그림 4-15]와 같이 지상 도로에 있는 지하철역 입구를 접점으로 지상·지하 연결통로가 지상 도로와 지하철역을 연결해준다.



[그림 4-15] 지상과 지하 공간의 연결 통로

지상·지하 연결통로는 지하철역입구가 1 개 이상의 도로에 걸쳐 있는지 여부와 지하철역의 환승역 여부에 따라 그 연결방법은 다양하다. 기본적인 원칙은 지하철입구가 위치한 도로들은 모두 해당 지하철역과 연결됐다고 볼 수 있고, 지하철역이 환승역일 경우 환승할 수 있는 노선개수만큼의 단위공간으로 구성되어 있다고 보고 각 단위공간들을 서로 연결해 준다. [표 4-5]와 같은 몇 가지 유형으로 귀납해 볼 수 있다.

52) 박근송&최재필(2018)의 논문을 재구성하여 작성하였다.

[표 4-5] 지하철환승역 여부와 지하철출입구에 면한 도로의 개수에 따른 4가지 지상과 지하 연결 통로(박근송 외 1인, 2018)

지상 지하	지하철역 출입구가 1개의 도로에 면한 경우	지하철역 출입구가 2개의 도로에 면한 경우
일반 지하 철역		
지하철 환승역		

4.2.4. 지상 · 지하 공간 네트워크 특징

지상과 지하 공간을 통합시킨 물리적 공간 네트워크는 아래와 같은 특징을 갖고 있다. 에지(edge)는 물리적인 접근성을 의미한다. 구체적으로 축선과 축선의 교차에 의한 연결, 지하철역 사이의 선로에 의한 연결, 축선(도로)과 지하철역 사이의 에스컬레이터, 엘리베이터, 계단 등에 의한 연결 3가지 연결 관계가 있다. 노드(node)는 공간을 의미하며 다른 공간으로 이동하기 위해 머무르고 지나가는 공간 특성을 갖고 있다. 여기서 노드에 해당되는 단위공간은 축선과 지하철역이다.



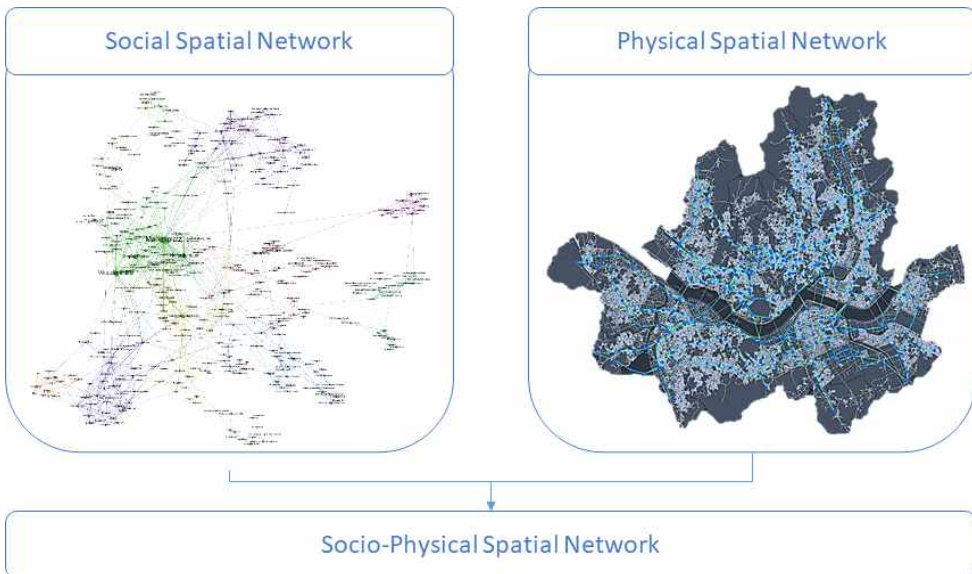
[그림 4-16] 지상 · 지하 공간을 통합 고려한 물리적 공간 네트워크 예시 (서울시)

4.3. 사회·물리적 공간 네트워크 구축

4.3.1. 사회적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크의 통합

본 연구는 사회적 공간 네트워크가 물리적 공간 네트워크와 같이 인간이동행태 패턴에 영향을 미치고 있음을 전제한다. 이러한 맥락에서 사회적 공간 네트워크를 물리적 공간을 기반으로 하는 기존 공간분석기법에 반영해줄 필요가 있다. 그래서 본 연구는 사회적 공간 네트워크를 물리적 공간 네트워크와 통합시키는 방법을 사용하고자 한다. 다시 말해 사회적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크의 작용을 동시에 반영할 수 있는 사회·물리적 공간 네트워크를 제안하고자 한다. 두 가지 유형의 네트워크를 하나의 네트워크로 재현하기 위한 구체적 방법은 아래 장절에서 설명하고자 한다.

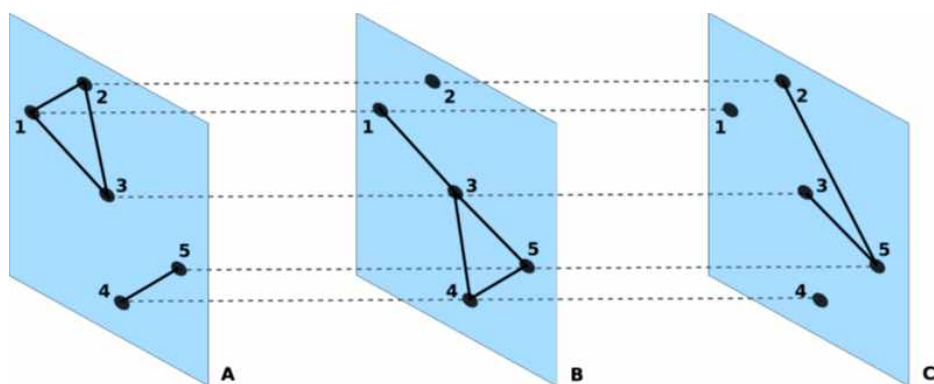
본 연구에서는 Foursquare 기반 사회적 공간 네트워크와 도시 지상과 지하 이동통로망을 기반으로 재현한 물리적 공간 네트워크를 하나의 통합된 공간 네트워크로 재현한다.



[그림 4-17] 사회적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크 통합 개념

4.3.2. 공간 네트워크 통합 방법

사회학에서 각 에지(edge)가 유형에 따라 분류된 네트워크를 다중 네트워크(multiplex network)라고 한다(M. Kivela, A. Arenas, M. Barthelemy, J. P. Gleeson, Y. Moreno and M. A. Porter, 2014). 즉 노드(node)사이의 연결 관계에 한 가지 유형의 에지(edge)에 의해 연결되는 것이 아닌, 두 가지 유형 이상의 에지(edge)로 연결된 네트워크를 가리킨다.



[그림 4-18] Intra-layer edges는 실선으로, Inter-layer edges는 점선으로 표현, Inter-layer에서 node들 사이의 연결은 다른 layer의 대응되는 위치 node와 일대일로 연결 됨 (Hilary(2015), M. Kivela, A. Arenas, M. Barthelemy, J. P. Gleeson, Y. Moreno and M. A. Porter(2014)에서 인용)

[그림 4-18]은 A, B, C 3개의 레이어로 구성된 다중 네트워크이다. 각 레이어에 같은 노드(node)가 5개씩 있고, 각 레이어에서 같은 위치에 있는 노드는 동일한 노드이다. 다시 말해 3개 레이어에 있는 노드는 동일한 5개의 노드이다. 단 각 레이어에 있는 에지(edge)는 다른 유형의 연결 관계이다. 예를 들어 A레이어의 노드-1과 노드-3의 에지(edge)는 1번 사람과 3번 사람의 친구 관계라면 B레이어의 노드-1과 노드-3의 에지(edge)는 다른 1번 사람과 3번 사람의 연인 관계이다. 이런 다중 네트워크는 한 쌍의 노드사이에 한 개 이상의 연결 관계가 있을 수 있다.

본 연구에서 물리적 공간 네트워크의 물리적 접근성을 기준으로 하는 연결 관계와 사회적 공간 네트워크의 사회적 접근성을 기준으로 하는 연결 관계 두 가지

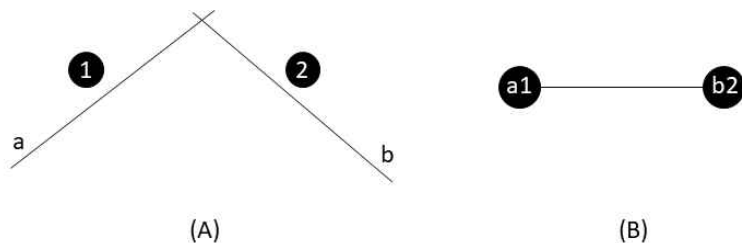
유형의 연결 관계를 다중 네트워크(Multiplex Network) 개념으로 하나의 공간 네트워크로 통합시키고자 한다.

4.3.3. 사회·물리적 공간 네트워크 구축

다중 네트워크 개념을 사회·물리적 공간 네트워크를 구축하는데 적용하기 위해 노드(node)와 에지(edge)를 정의해줄 필요가 있다. 우선 노드(node)는 도시의 가로망을 기준으로 한 축선도의 축선을 노드로 한다. 그 이유는 공간분석기법을 적용하여 분석하고자 하는 대상이 물리적 공간이기 때문이다. 그런데 본 연구에서 물리적 공간 네트워크를 지상·지하 공간 네트워크로 재현하는 방식을 사용하는데 지상의 축선만 노드로 설정하는 이유는 실제로 사회적 공간 네트워크에서 두 장소의 사회적 연결은 지상의 시설사이를 연결한 공간 네트워크이기 때문이다. 다음으로 에지(edge)는 물리적 공간 네트워크의 에지와 사회적 공간 네트워크의 에지 두 가지 에지(edge)가 사회·물리적 공간 네트워크의 재현에 반영된다.

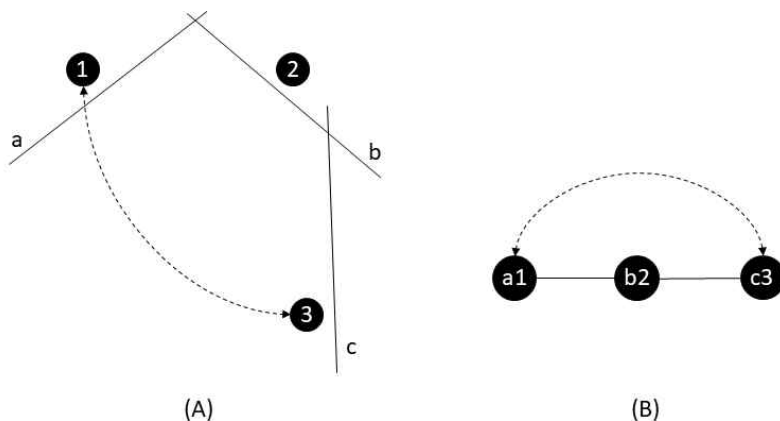
사회·물리적 공간 네트워크에서 노드(node)를 축선도의 축선으로 한다면 사회적 공간 네트워크의 노드(node)에 해당되는 장소를 축선에 매칭(matching)시켜줄 필요가 있다. 그래서 물리적 공간 네트워크의 노드(축선)와 사회적 공간 네트워크의 노드(장소)를 매칭시키기 위해 두 가지 네트워크의 노드를 GIS 프로그램에서 각자의 경위도 좌표를 기준으로 오버랩(overlap)시켜 아래와 같은 기준으로 점(point)형 노드와 선(line)형 노드를 매칭 시킨다. 점형 노드와 선형 노드를 하나의 노드(node)로 표현하는 방법은 특정 선형 노드의 일정 거리범위 안에 있는 점형 노드를 상응한 선형 노드와 같이 하나의 노드로 취급한다.

점과 선을 하나의 노드로 표현하는 방법은 점을 가장 가까이에 있는 선과 연관시킨다. [그림 4-19] (A)에서 점1과 점2는 각각 선a와 선b에 가깝게 위치하여 있어 점1과 선a, 점2와 선b를 각각 다른 노드로 표현할 수 있다. 그리고 선a와 선b가 연결되어 있어 두 노드는 연결 관계를 갖는다. [그림 4-19] (B)와 같은 네트워크로 표현할 수 있다.



[그림 4-19] (A) 점(point)형과 선(line)형의 노드, (B) 그래프

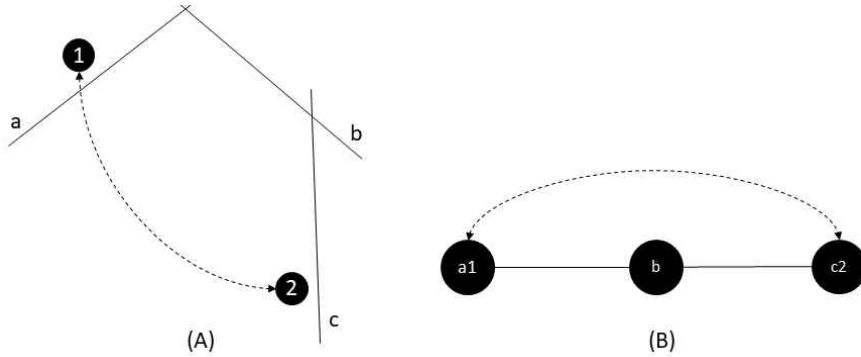
[그림 4-20] (A)는 사회적 공간 네트워크와 축선도를 표현한 두 가지 네트워크이다. 점1, 2, 3번은 각 3개의 장소(건물, 오픈 스페이스, 가로 등)를 표현한 것이고, 선a, b, c는 도시 가로를 표현한 것이다. 점1과 점3 사이의 점선은 사회적 연결을 의미한다. 이와 같은 두 가지 유형의 노드와 에지를 가진 네트워크를 하나의 통합된 다중 네트워크(Multiplex Network)로 표현하면 [그림 4-20] (B)과 같다.



[그림 4-20] (A) 점형 사회적 공간 네트워크와 선형 물리적 네트워크, (B) 통합시킨 그래프

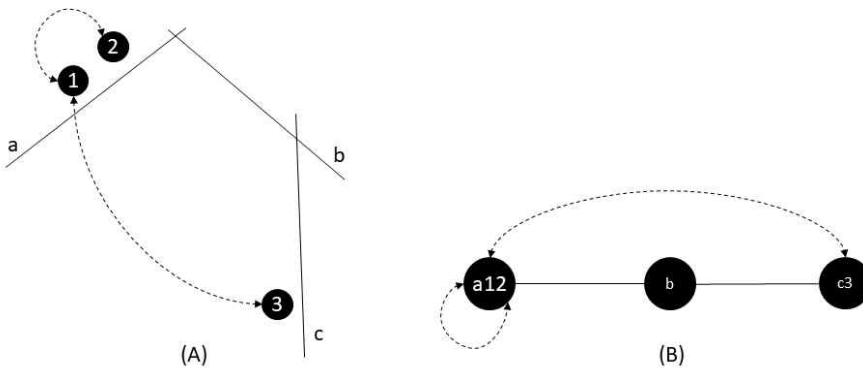
축선도는 도시의 모든 가로공간을 표현할 수 있는 네트워크인 반면 사회적 공간 네트워크는 LBSN의 사용자가 방문한 장소를 기반으로 구축되기 때문에 특정 도시 공간은 공간 네트워크에 반영되지 않을 수도 있다. 예를 들어 [그림 4-21]

(A)와 같이 축선 a, b, c 중 축선 a와 c에 각각 점형 장소 1과 2가 있다. 이럴 경우 두 가지 유형의 노드를 [그림 4-21] (B)와 같이 표현할 수 있다.

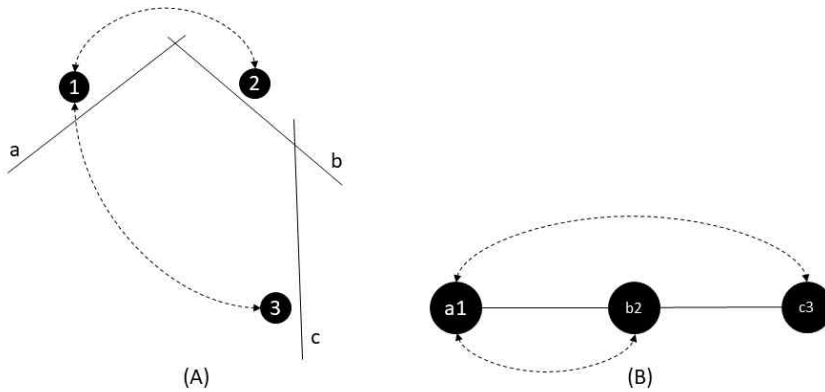


[그림 4-21] (A) 선형 노드에 점형 노드가 없을 경우, (B) 통합시킨 그래프

실제로 점형 노드와 선형 노드의 관계가 여러 가지 형태로 나타날 수 있다. 예를 들어 한 개의 선형 노드에 여러 개의 점형 노드가 있을 수 있다. [그림 4-22] (A)와 같이 선a에 점1과 점2가 있고, 두 점1과 점2는 서로 연결 관계를 갖는다. 이와 같은 경우 [그림 4-22] (B)와 같이 노드 a12는 노드 a12와 연결된 관계를 갖게 된다.

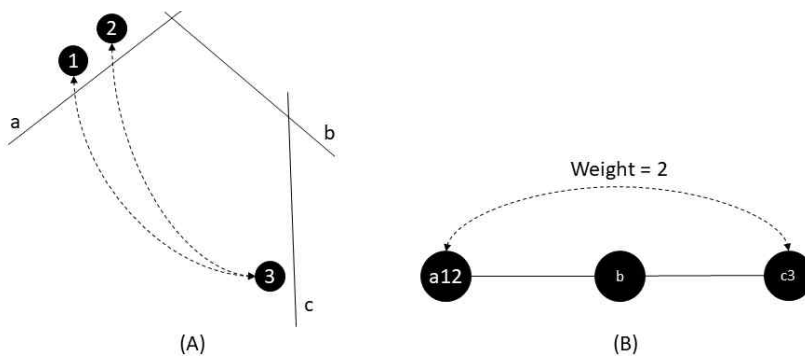


[그림 4-22] (A) 한 개의 선형 노드에 두 개의 점형 노드가 있는 경우, (B) 통합시킨 그래프



[그림 4-23] (A) 선형 노드-a의 1 점형 노드가 a선형 노드와 연결된 b선형 노드 상의 점형 노드-2와 연결 관계를 가짐, (B) 통합시킨 그래프

인접한 두 선형 노드사이에서 점형 노드에 의해 새로운 연결관계가 있을 수 있다. 아래 [그림 4-23] (A)와 같이 선형 a와 b가 연결되는 동시에 점형 1과 2도 연결 관계가 있다. 이와 같은 경우 [그림 4-23] (B)와 같은 다중 네트워크로 표현할 수 있다.



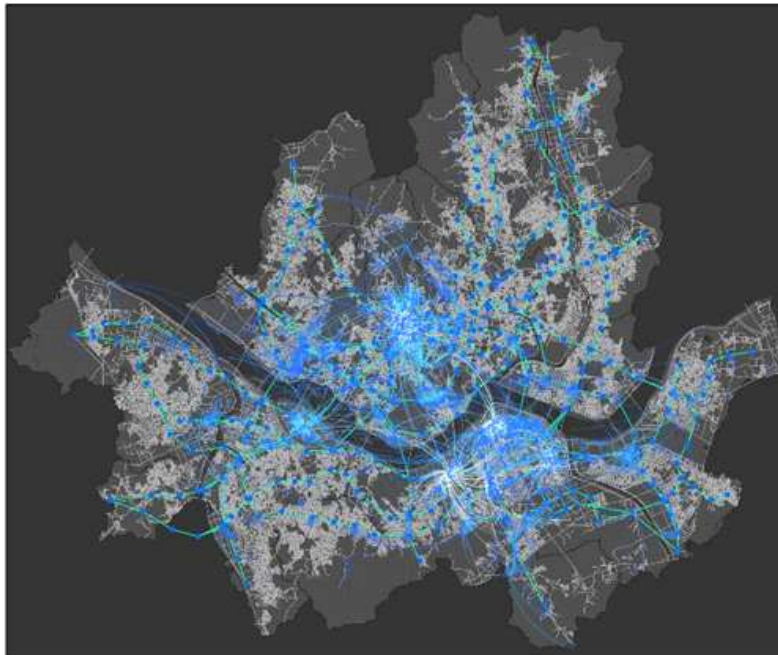
[그림 4-24] (A) a선형 노드의 1, 2 점형 노드가 c선형 노드 상의 3 점형 노드와 두 개의 연결 관계를 가짐, (B) 통합시킨 그래프

또한 한 선형 노드에 두 개 이상의 점형 노드가 다른 선형 노드 상의 점형 노드와 두 개 이상의 연결 관계를 가질 수도 있다([그림 4-24] (A)). 이럴 경우 보다

강한 연결 관계를 갖는다고 볼 수 있어 가중치를 부여하는 방식을 취할 수 있다. 이와 같은 경우 노드 a1과 b2의 연결은 보다 강한 관계를 가짐을 알 수 있다. [그림 4-24] (B)에서 a1과 b2사이의 점선의 연결과 실선의 연결의 상대적 강도비율을 알면 에지(edge)에 가중치를 부여할 수 있다.

4.3.4. 사회·물리적 공간 네트워크 특징

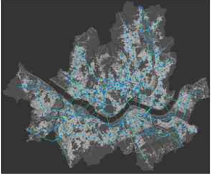

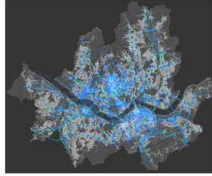
물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크를 통합시킨 사회·물리적 공간 네트워크는 아래와 같은 특징을 갖고 있다. 에지(edge)는 물리적인 접근성과 사회적 접근성을 의미한다. 구체적으로 축선과 축선의 교차에 의한 연결, 지하철역 사이의 선로에 의한 연결, 축선(도로)과 지하철역 사이의 에스컬레이터, 엘리베이터, 계단 등에 의한 연결 외에 실제로 두 장소의 사회적 연결 관계가 있다. 노드(node)는 공간을 의미하되 다른 공간으로 이동하기 위해 머무르고 지나가는 공간 특성을 갖고 있다. 여기서 노드에 해당되는 단위공간은 물리적 공간네트워크와 같이 축선과 지하철역이다.



[그림 4-25] 사회·물리적 공간 네트워크 예시(서울시)

4.4. 소 결

[표 4-6] 공간 네트워크 유형별 특성 비교

	물리적 공간 네트워크	사회적 공간 네트워크	사회·물리적 공간 네트워크
네트워크			
node	축선(지상 도로); 지하철역	장소	축선(지상 도로); 지하철역
edge	축선과 축선의 교차; 지하철역 사이의 선로; 축선(도로)와 지하철역 사이의 통로	현재 장소에서 다른 장소로의 이동	축선과 축선의 교차; 지하철역 사이의 선로; 축선(도로)와 지하철역 사이의 통로; 특정 장소에서 다른 장소로의 이동
edge 특징	<ul style="list-style-type: none"> 물리적으로 인접한 두 공간의 연결 	<ul style="list-style-type: none"> 공간적 거리(spatial distance): 근처에 있는 장소가 연결될 가능성이 큼 시간적 거리(temporal distance): 짧은 시간 내에 도달 할 수 있는 장소가 연결될 가능성이 큼 사회적 거리(social distance): 공통된 라이프 스타일에 속한 장소는 연결될 가능성이 큼 	<ul style="list-style-type: none"> 공간과 공간의 물리적 연결과 사회적 연결

제 5 장 사회 · 물리적 공간 네트워크 검증

5.1. 분석 대상 선정

5.2. 공간 네트워크 구축

- 5.2.1 서울시 물리적 공간 네트워크 구축
- 5.2.2 서울시 사회적 공간 네트워크 구축
- 5.2.3 서울시 사회 · 물리적 공간 네트워크 구축

5.3. 서울시 공간 네트워크 분석

- 5.3.1 공간분석 적용 지표
- 5.3.2 사회적 공간 네트워크 분석
- 5.3.3 물리적 공간 네트워크 분석
- 5.3.4 사회 · 물리적 공간 네트워크 분석

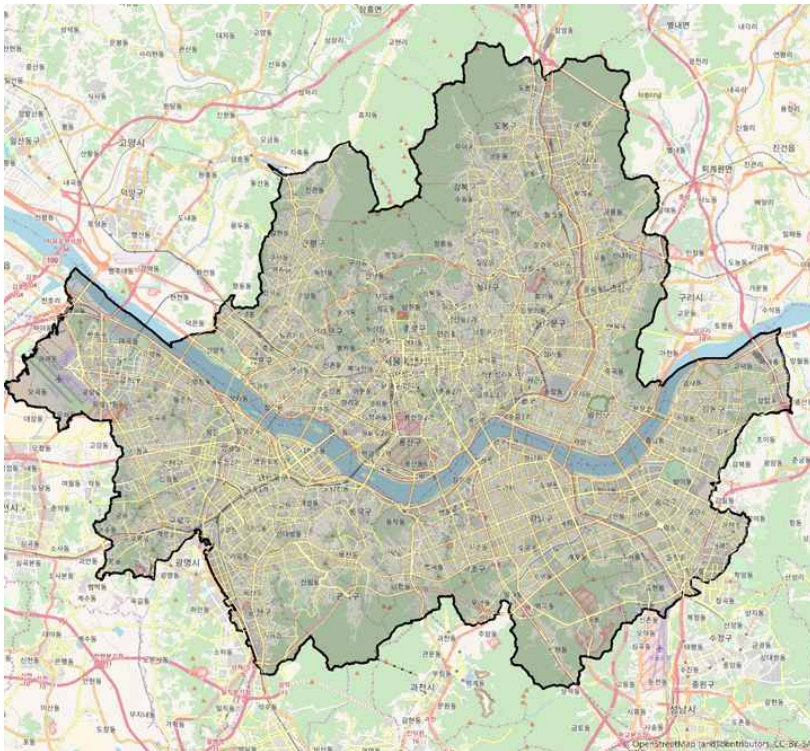
5.4. 실제 도시현황과 공간분석결과 비교

5.5. 실제 유동인구와 공간분석결과 비교

5.5. 소 결

5.1. 분석 대상 선정

대한민국에서 대도시 중 가장 대표적인 경제, 문화, 행정의 중심지이면서 수도인 서울특별시를 본 연구에서 제안하는 사회·물리적 공간 네트워크의 검증 대상으로 선정하였다. 서울시는 오랜 역사를 가진 도시이면서 현대도시의 모습을 지니고 있어 과거 물리적 공간 네트워크를 기반으로 하던 공간분석기법과 현대도시에서 나타난 사회적 공간 네트워크를 분석하기에 적합한 대상이다. 공간적 분석 범위로는 서울시 행정구역에 포함되어 있는 사회·물리적 공간 네트워크로 한다(그림 5-1). 또한 시간적 범위로는 Foursquare 서비스가 시작된 시점부터 2017년 9월 7일까지 Foursquare에 생성된 베뉴(venue)와 베뉴 사이를 연결하는 사회적 연결 관계를 기준으로 사회적 공간 네트워크를 재현하여 사용하였다.



[그림 5-1] 서울시 행정구역

5.2. 공간 네트워크 구축

5.2.1. 서울시 물리적 공간 네트워크 구축

물리적 공간 네트워크는 기존 공간분석기법에서 사용되고 있는 축선도(axial map)를 기반으로 지하 공간 네트워크를 통합시킨 지상·지하 공간 네트워크를 활용한다. 축선도는 도시 가로망을 기준으로 구축하되, 지리 위치의 정확성을 확보하기 위해 본 연구는 서울시 전자지도⁵³⁾를 기준으로 축선도를 재현한다. 이 단계는 전자지도에서 도로 중심선을 기준으로 하는 축선도 생성 알고리즘⁵⁴⁾을 적용하여 자동화시켰다. 자동화 프로그램은 Jiang. B이 개발한 Axwoman 6.3을 사용하였다⁵⁵⁾.



[그림 5-2] 서울시 전자지도 도로 중심선

53) 서울시 도로명 전자지도는 서울시 도시계획과에서 제공하는 파일을 제공 받음.

54) Liu X. and Jiang B. (2012)의 연구에서 도로 중심선을 기준으로 축선도를 자동 생성시키는 알고리즘을 개발하여 기존 Hillier의 연구에서 사용한 축선도와 비교에서 상당한 설명력을 보이는 것으로 확인됐다.

55) Axwoman 프로그램은 GIS를 기반으로 하는 공간분석 프로그램으로서 그 안에 도로 중심선 기준 축선도 생성 기능이 탑재되어 있다.

서울시의 지상과 지상·지하 공간 네트워크를 구축하기 위해 우선 지상 축선도와 지하 공간 네트워크를 각각 따로 구축하였다. 아래 [그림 5-3]과 같이 서울시 전자지도의 도로 중심선을 기준으로 축선도를 구축하되, 전자지도의 지하도로, 교량, 터널 등 정보를 기준으로 178개의 단절점(disconnect point)⁵⁶⁾을 고려하였다. 여기서 단절점이란 2차원 평면에서 두 도로가 교차되어 있지만 지하도로, 교량, 터널과 같은 3차원 통로에 의해 실제로 교차되어 있지 않는 두 도로의 교차점을 가리킨다.



[그림 5-3] 서울시 전자지도 상 단절점(disconnect) 지점

56) 서울시 도로명 전자지도에서 제공하는 지하도로, 교량 및 터널 정보를 고려하여 작성하였다. 실제로 연구에서 고려한 178개의 disconnect point 외에도 더 있지만, 현실적으로 일일이 다 확인하기에는 무리가 있어, 본 연구는 178개의 disconnect point를 고려한다.

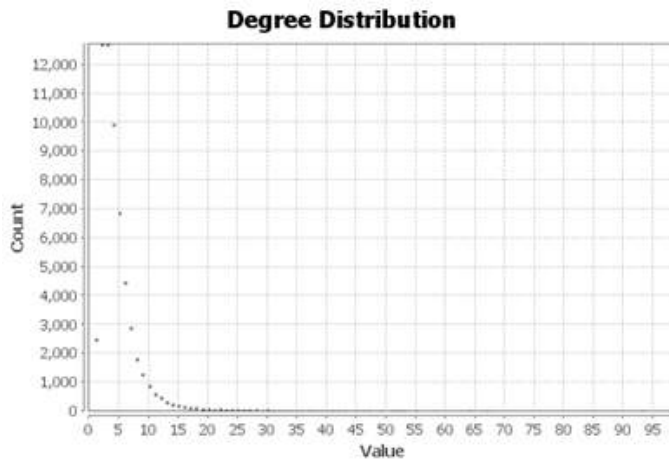
전자지도 상 서울시 행정구역 내 모든 도로 중심선을 축선도로 변환시킨 결과 총 58,832개의 축선으로 구성된 축선도(axial map)가 재현되었다.



[그림 5-4] 서울시 전자지도의 도로 중심선을 기준으로 재현한 축선도

축선도(지상 공간 네트워크)의 평균 연결도(degree)는 4.523, 네트워크의 지름은 97, 평균 깊이(depth)는 41.965이다. 여기서 연결도란 노드에 연결되어 있는 에지(edge)의 개수이고, 네트워크 지름은 네트워크에서 가장 멀리 떨어져 있는 두 노드 사이의 깊이이고, 평균 깊이는 공간구문론에서 통합도를 산출하기 위해 특정 노드에서 자신을 제외한 기타 모든 노드들까지의 최단이동경로 깊이들의 평균 값을 가리킨다. 지상 공간 네트워크 지름이 97인 것은 서울시 행정구역 범위 내 가장 멀리 떨어져 있는 두 축선사이의 최단경로 상 총 97개의 축선이 있음을 의미한다. 평균 깊이가 41.965란 것은 어떤 축선에서든 보통 42단계의 이동을 거치

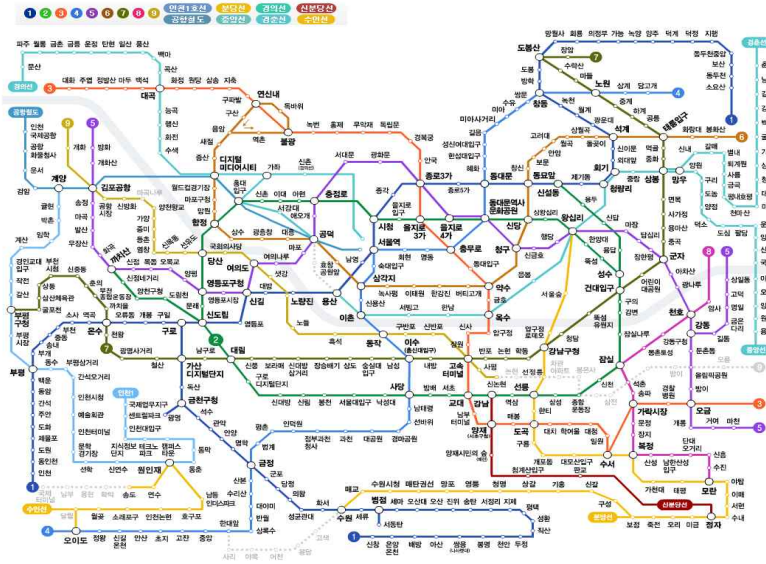
면 기타 대부분의 노드(축선)에 도달할 수 있음을 의미한다. 지상 공간 네트워크의 연결도 분포는 지수분포에 가까운 패턴을 보이고 있다(그림 5-5). 이런 패턴은 척도없는 네트워크(scale-free network)와 유사하지만 평균 값이 42로서 상대적으로 큰 값을 가진다. 때문에 축선도는 복잡계에서 말하는 척도없는 네트워크라고 보기 어렵다. 이와 같은 결과는 김민석(2010)의 연구에서도 언급한 바 있다.



[그림 5-5] 지상 공간 네트워크(축선도)의 연결도 분포도

다음으로 지하 공간 네트워크는 2017년 12월 서울시 행정구역 내에 있는 1호선~9호선, 분당선, 신분당선, 경의중앙선, 경춘선, 공항선의 지하철역 총 307개를 기준으로 지하 공간 네트워크를 구축하였다. 수도권 광역전철 노선은 1~9호선, 인천1~2호선, 분당, 신분당, 경의중앙, 공항철도, 경춘선, 수인선, 의정부경전철, 용인경전철, 경강선, 우이신설경전철 총 21개의 노선이 있다. 그러나 서울시 행정구역 범위 내에 있는 전철 노선으로는 1호선~9호선, 인천1호선, 분당선, 신분당선, 경의선, 경춘선, 공항선, 중앙선, 수인선 총 18개이고, 각 노선들의 전체 지하철역 혹은 부분 지하철역이 포함되어 총 307개의 지하철역사가 있다(그림 5-6). 이렇게 서울시 행정구역 내에 있는 지하철 선로망은 17개의 노선과 307개의 지하철역으로 구성되었다.

서울시 행정구역 내 지하철 노선에 의해 형성된 지하 공간 네트워크를 구축한 결과는 아래 [그림 5-7]과 같다.

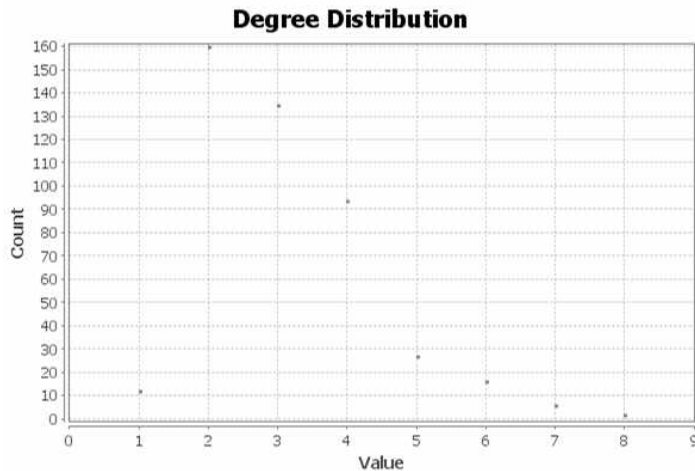


[그림 5-6] 서울시 지하철 노선도
(https://www.sisul.or.kr/open_content/skydome/introduce/pop_subway.jsp)



[그림 5-7] 서울시 지하 공간 네트워크

지하 공간 네트워크의 평균 연결도(degree)는 3.102, 네트워크의 지름은 42, 평균 깊이(depth)는 14.483이다. 지하 공간 네트워크 지름이 42인 것은 서울시 행정 구역 범위 내 가장 멀리 떨어져 있는 두 지하철역사이에 총 41개의 지하철역이 있음을 의미한다. 평균 깊이가 14.483이란 것은 어떤 역에서든 보통 14단계의 이동을 거치면 기타 대부분의 노드(지하철역)에 도달할 수 있음을 의미한다. 네트워크의 크기에 비해 평균 깊이가 상대적으로 크다. 그래서 단순 지하철만 사용한다면 평균적으로 이동거리가 크다는 것을 시사한다. 이런 지하 공간 네트워크가 지상의 공간 네트워크와 복합적으로 작용할 경우 평균 깊이는 상대적으로 작아 질 것이다. 이에 관해서는 아래 지상·지하 공간 네트워크의 평균 깊이에서도 확인 가능하다.



[그림 5-8] 지하 공간 네트워크 연결도 분포도

그리고 앞서 구축된 두 개의 지상과 지하 공간 네트워크를 하나의 통합된 지상·지하 공간 네트워크로 구축하기 위해 3.3절에서 기술한 바와 같은 방법을 적용하였다. 즉 지상과 지하 공간의 점점 역할을 하는 지하철 출입구가 지상 도로에 위치한 위치를 기준으로 지상과 지하 공간을 연결해주었다. 이 과정은 서로 다른 차원(layer)에 있는 두 개의 네트워크를 서로 연결해 주는 작업으로서 지상 공간 네트워크와 지하 공간 네트워크의 단위공간(노드)을 코드화 하여 두 가지 단위공간이 공통적으로 지하철 출입구(점점)를 공유하고 있는지 확인하는 알고리즘을

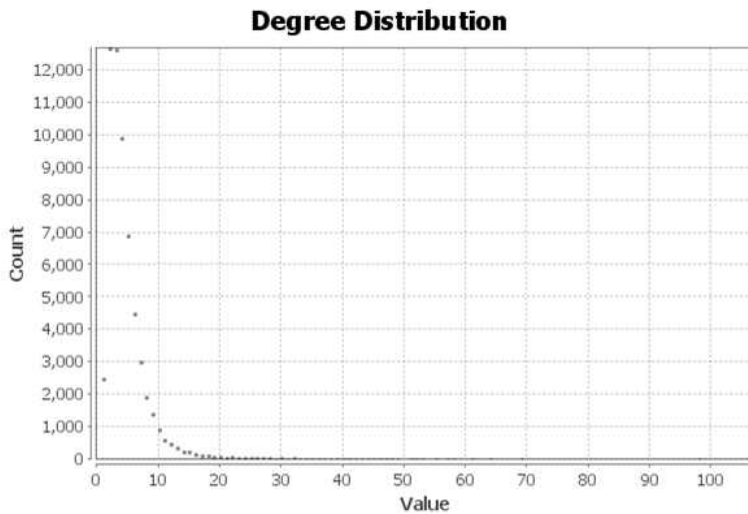
작성하여 사용하였다. 2차원 도면으로 보면 [그림 5-9]와 같다.



[그림 5-9] 서울시 지상·지하 공간 네트워크

지상·지하 공간 네트워크의 평균 연결도(degree)는 4.58, 네트워크의 지름은 74, 평균 깊이(depth)는 31.652이다. 지상 공간 네트워크와 비교해 보았을 때 평균 연결도는 비슷하지만 네트워크의 지름은 97에서 74로, 평균 깊이는 42에서 32로 대폭 작아진 것을 확인할 수 있다. 이런 결과는 연결도 분포가 척도없는 네트워크(scale-free network)와 유사한 지수분포와 좁은세상 네트워크(small-world network)의 작은 평균 깊이(depth)로 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이것은 지하 공간 네트워크를 통합 고려한 지상·지하 공간 네트워크는 지상 공간 네트워크에 비해 높은 이동 효율성을 보이고 있음을 시사한다. 다시 말해 지하철노선이 지역

과 지역을 연결하는 역할을 함으로써 도시 공간 네트워크의 지름과 평균깊이를 낮춰주는 역할을 한 것으로 나타났다. 이와 같은 방식으로 도시의 지역과 지역을 연결하는 지하철역 거리간격보다 큰 지역사이의 연결 통로를 구축하면 도시 공간 네트워크의 지름과 평균깊이를 기존 지상·지하 공간 네트워크보다 더 낮출 수 있을 것으로 추측해볼 수 있다. 예를 들어 서울시의 강남역, 서울역 및 여의도역 3개 역을 직통 통로로 연결해주면 서울시의 전반적 이동성은 대폭 향상될 수 있을 것이다. 현실적으로 과거 지하철이 없이 지상의 도로에 의한 이동을 생각해보면 높은 교통 체증 현상이 일어났다. 이러한 교통 체증 현상을 해소하면서 이동성을 높여주기 위해 지금 현대 대도시에는 기본적으로 지하철노선을 만들어주고, 또한 노선의 밀도를 계속 늘려가는 추세이다. 이와 같은 현상을 지상·지하 공간 네트워크와 지상 공간 네트워크의 특성 비교에서 답을 찾을 수 있다.



[그림 5-10] 지상·지하 공간 네트워크(축선도)의 연결도 분포도

5.2.2. 서울시 사회적 공간 네트워크 구축

(1) Foursquare LBSN 데이터 수집 및 가공

Foursquare의 Open API로 서울시 특정 지리적 공간범위 내의 LBSN 데이터를 수집한다. LBSN 데이터는 시공간적 데이터이기에 공간적 범위와 시간적 범위를 설정해줄 필요가 있다. 우선 공간적 범위 설정은 서울시의 행정구역을 분석범위로 하였지만 실제로 LBSN 데이터 수집 과정을 단순화시키기 위해 서울시 행정구역을 포함시키는 사각형 모양의 공간범위로 한다. 전체 서울시 행정구역을 포함시키기 위해 남서쪽 경도는 126.7629, 위도는 37.4274로 하고, 북동쪽 경도는 127.1829, 위도는 37.7074로 설정하였다(그림 5-11). 그리고 시간적 범위는 2017년 9월 7일까지 Foursquare에서 생성된 베뉴(venue)를 기준으로 한다.



[그림 5-11] Foursquare LBSN 데이터 수집 공간범위

위 공간범위를 경위도 0.001도의 간격으로 가로 280등분, 세로 420등분하여 총 117,600개의 정사각형 그리드(grid)로 구획하였다⁵⁷⁾. 각 구획된 그리드 안에 있는

LBSN 데이터를 수집하기 위해 Foursquare Open API를 통해 [그림 5-12]와 같은 메타데이터(meta data)⁵⁸⁾를 수집한다.

```
{
  "id": "40abf50ef964a52035f31ee3",
  "name": "Washington Square Park",
  "contact": {
    "twitter": "nycparks",
    "facebook": "104475634308"
  },
  "location": {
    "address": "W 4th St",
    "crossStreet": "btwn MacDougal St & University Pl",
    "lat": 40.73076755657555,
    "lng": -73.99745069069391,
    "distance": 0,
    "postalCode": "10012",
    "cc": "US",
    "city": "New York",
    "state": "NY",
    "country": "United States"
  },
  "categories": [
    {
      "id": "4bf58dd8d48988d163941735",
      "name": "Park",
      "pluralName": "Parks",
      "shortName": "Park",
      "icon": {
        "prefix": "https://ss3.4sqi.net/img/categories_v2/parks_outdoors/park_",
        "suffix": ".png"
      },
      "primary": true
    }
  ],
  "stats": {
    "checkinsCount": 190068,
    "usersCount": 74788,
    "tipCount": 652
  }
}
```

[그림 5-12] Foursquare venue 메타데이터(metadata) 예시

57) 분석 공간범위를 이렇게 많은 그리드로 구획하는 이유는 Foursquare에서 일반 개발자에게 24시간마다 1000개의 요청만 할 수 있는 권한을 주기 때문에 작은 공간으로 구획하지 않으면 전체 공간범위에서 1000개의 메뉴만 수집할 수 있게 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 0.001도(약 111m)의 간격으로 111m*111m인 그리드를 만들어 상응한 그리드 내의 메뉴를 수집하는 방식으로 모든 메뉴를 수집한다. 그리고 짧은 시간 내에 모든 메뉴를 수집하기 위해 250개의 계정을 만들어 한 개 계정씩 24시간 순환 적용시켰다. 이 과정은 Python 프로그램을 통해 수행되었다.

58) metadata는 데이터에 관한 구조화된 데이터로서 다른 데이터를 설명해 주기 위한 데이터이다. 이런 metadata의 특성으로 인터넷 상의 소셜 네트워크에서 발생하는 데이터를 크게 두 가지로서 하나는 우리가 인터넷에서 보고 있는 정보, 다른 하나는 이런 정보를 설명하는 부가적 정보가 있다. 예를 들어 디지털 카메라에서 사진을 찍어 기록할 때 카메라 자체의 정보와 촬영 당시의 시간, 노출, 플래시 사용 여부, 해상도, 사진 크기 등 사진정보를 이미지 데이터와 같이 저장하게 된다. 이미지 데이터와 부가적으로 기록되는 속성 정보들을 통칭하여 metadata라고 한다.

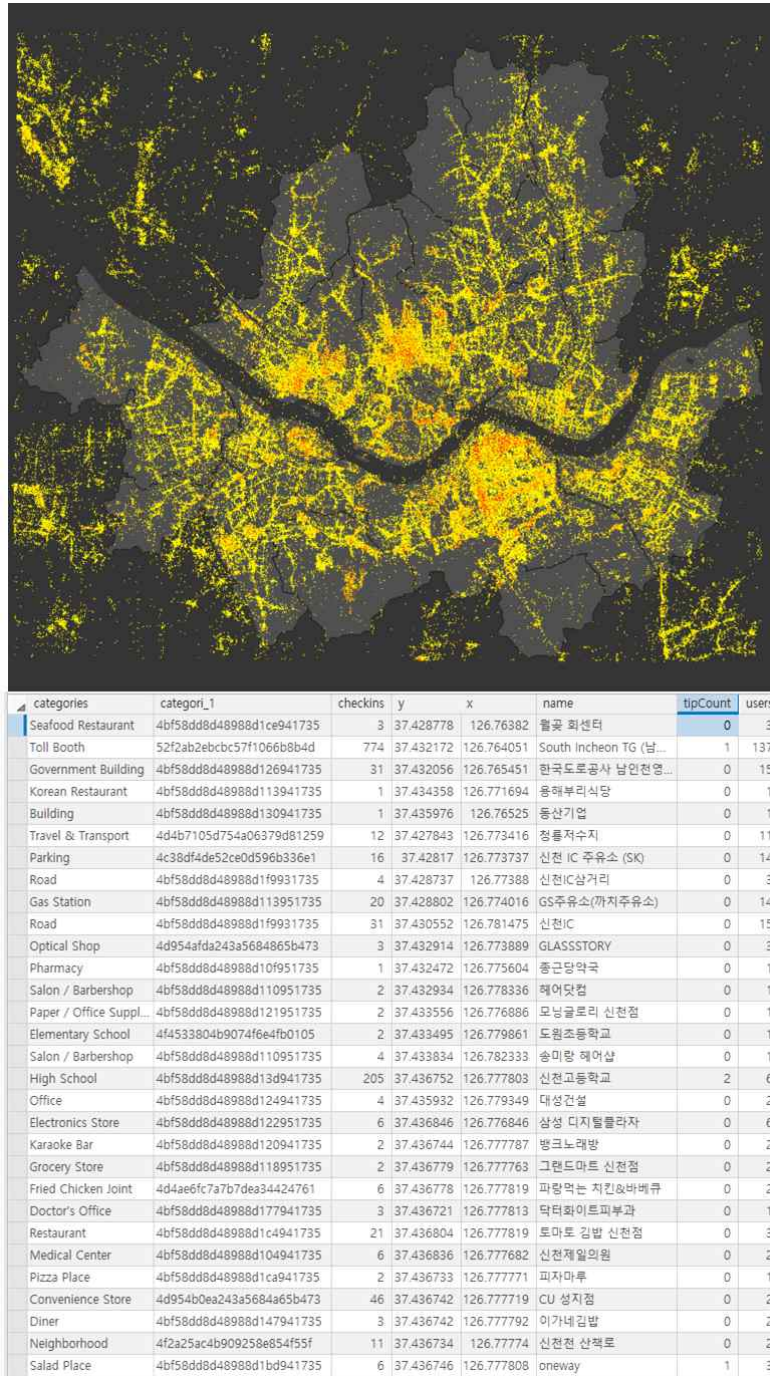
수집된 메타데이터에는 방문한 venue(장소)의 이름, 유형, 주소, 경위도 좌표, checkinsCount, usersCount, tipCount 및 venue createTime가 있고, 지금 머무르는 사용자 수 등 정보를 포함하고 있다.



[그림 5-13] 서울시 베뉴(Venue) 분포

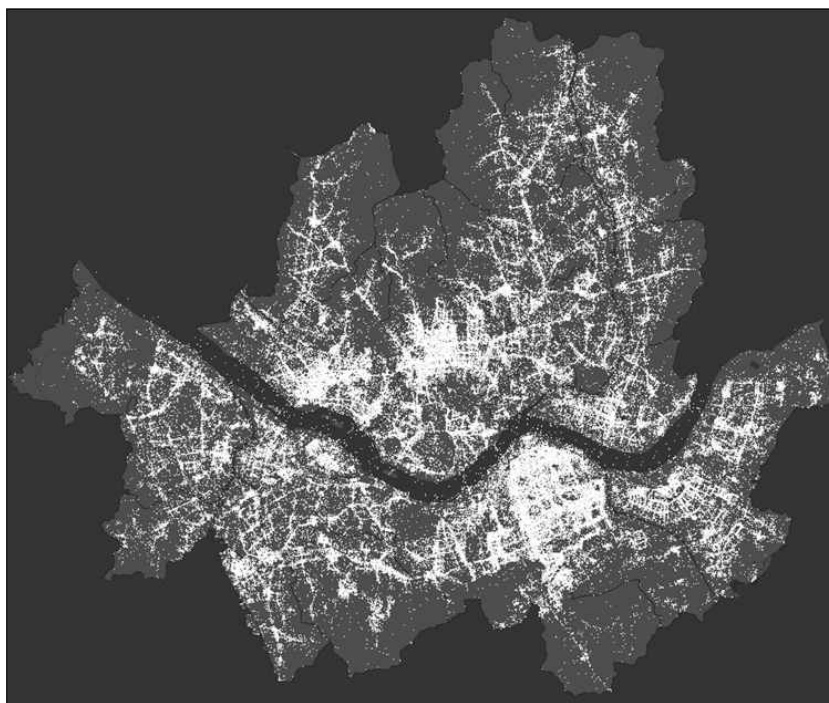
수집된 LBSN 데이터 중 베뉴(Venue)⁵⁹⁾가 총 214,862개이다. 베뉴의 유형에는 주거(집)가 포함되어 있다. 본 연구에서는 베뉴의 속성으로 베뉴 이름, 공간위치(경위도 좌표), 사용자(Users) 수, 체크인(Check-ins) 수, 카테고리(Categories), 장소 이름 등 정보를 수집하였다.

59) 베뉴는 Foursquare의 사용자가 특정 장소에 체크인(Check-in)했을 때 만들어진 장소이다.



[그림 5-14] 수집된 메뉴 및 속성 정보

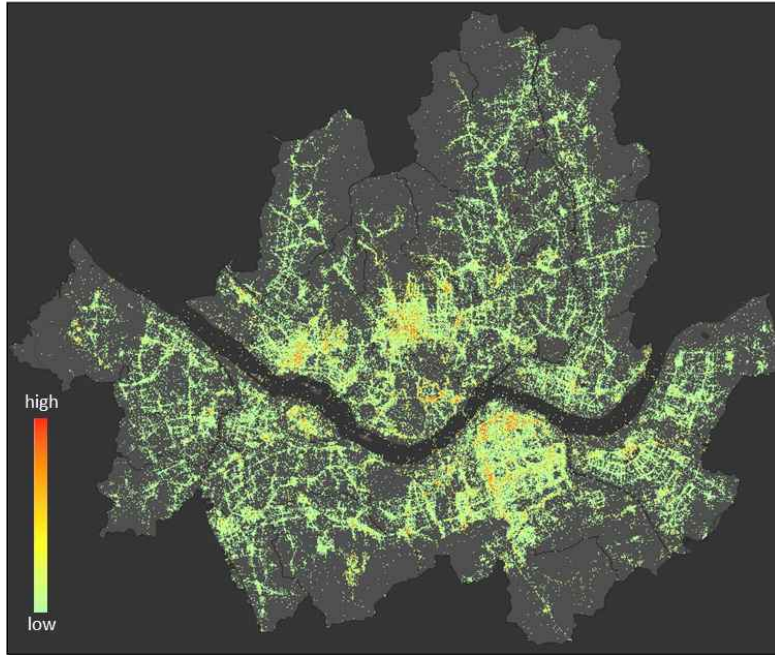
본 연구에서 분석 대상인 서울시 행정구역 범위 내의 메뉴만 따로 구분하여 활용한다.



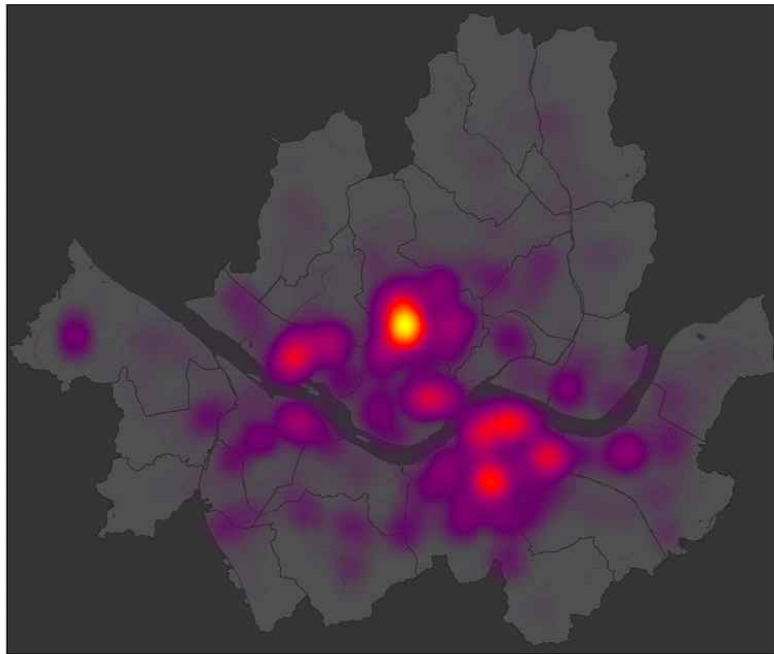
[그림 5-15] 서울시 행정구역 내 Foursquare 메뉴 분포

수집된 서울시의 Foursquare 메뉴 분포를 보면 광화문-인사동-명동, 홍대-신촌-연남동, 강남구 등 지역의 분포가 밀집되어 있다(그림 5-15). 체크인 수와 사용자 수의 분포는 비슷한 패턴을 보이고 있다⁶⁰⁾. 체크인(check-in)과 사용자(user) 수의 분포에서 광화문-인사동-명동, 홍대-신촌-연남동, 이태원-경리단길-해방촌, 여의도, 강남대로, 신사동 가로수길-압구정 로데오거리-청담동거리, 테헤란로-삼성역 코엑스, 잠실역 롯데월드 8개 지역이 높은 사용자 수, 체크인 수 및 팁 수가 있음을 확인할 수 있다(그림 5-16~5-21)]. 실제로 서울의 위 8개 지역은 핫 플레이스(hot place)로 높은 유동인구를 갖고 있다.

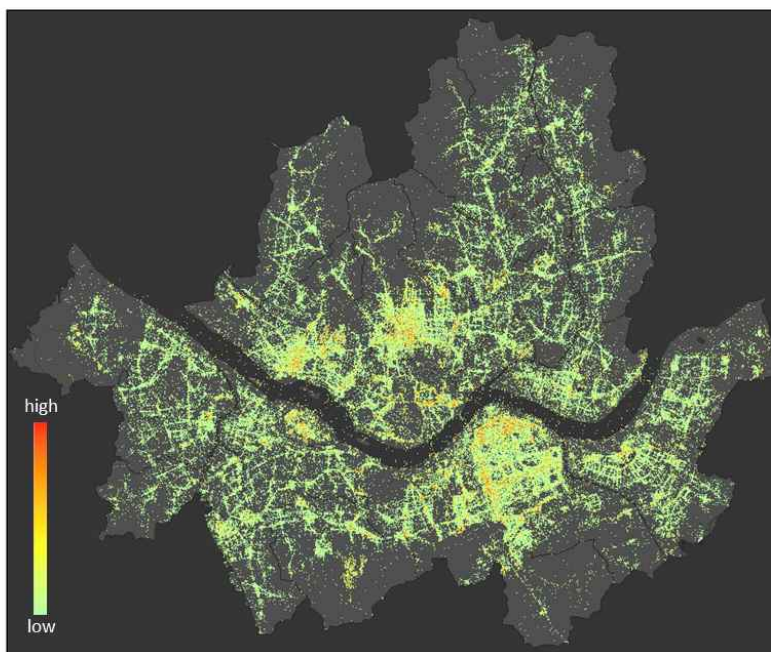
60) 체크인 수는 사용자 수보다 크거나 같다. 그 이유는 한 메뉴에 똑같은 사람이 여러 번 체크인 할 수는 있지만 사용자 수는 한 번만 기록에 남기 때문이다.



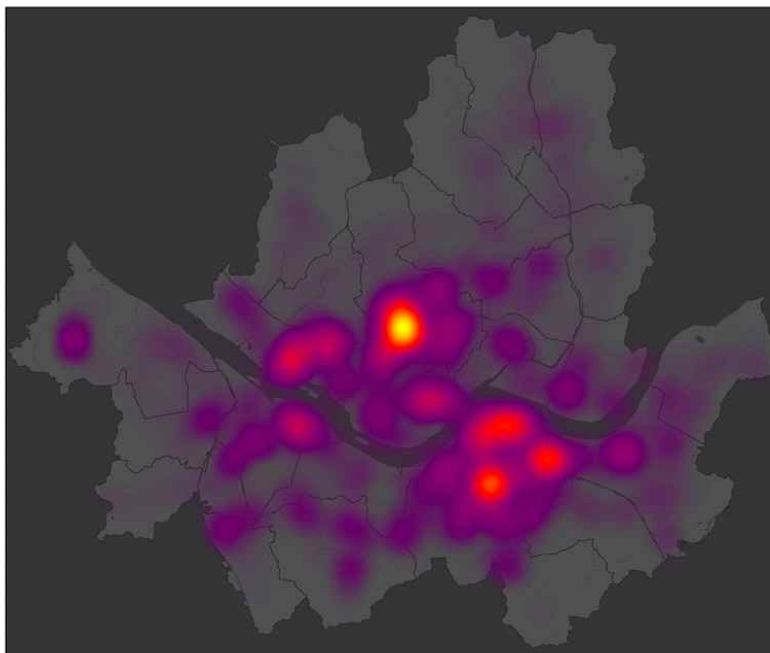
[그림 5-16] Foursquare 베뉴(Venue) 사용자(Users) 수 분포



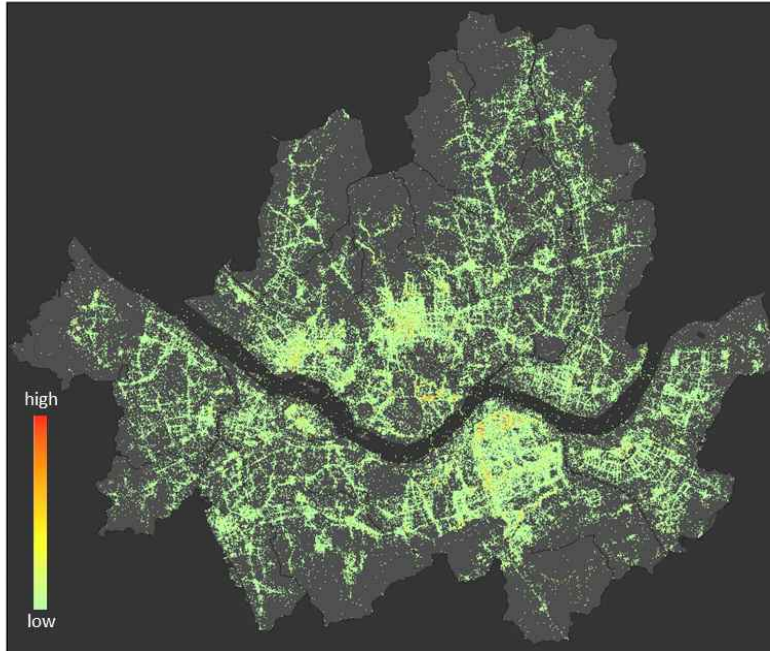
[그림 5-17] Foursquare 베뉴(Venue) 사용자(Users) 수 heat map



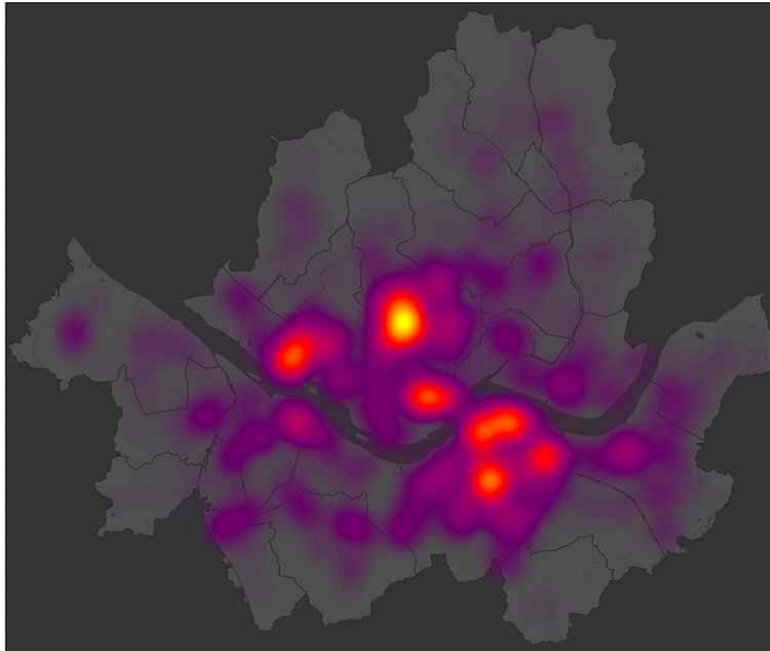
[그림 5-18] Foursquare 베뉴(Venue) 체크인(Check-ins) 수 분포



[그림 5-19] Foursquare 베뉴(Venue) 체크인(Check-ins) 수 heat map



[그림 5-20] Foursquare 베뉴(Venue) 팁(Tips) 수 분포



[그림 5-21] Foursquare 베뉴(Venue) 팁(Tips) 수 heat map

(4) 서울시 사회적 공간 네트워크 구축

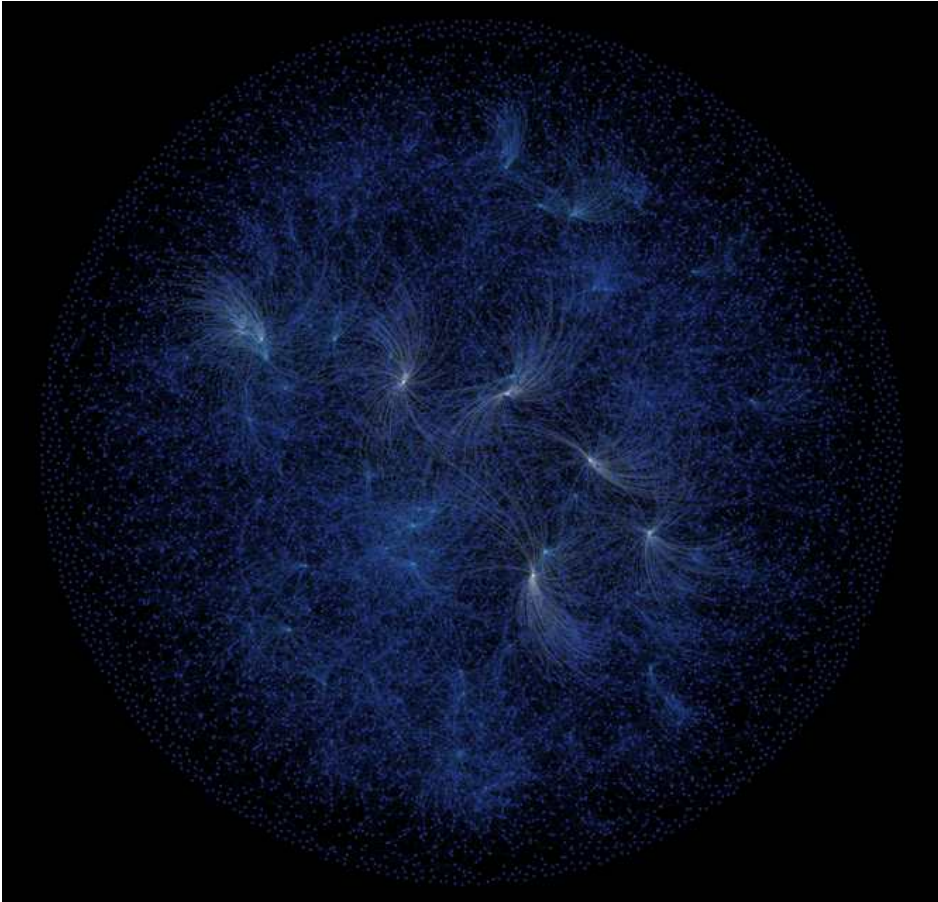
서울시 행정구역 범위 내에 있는 188,604개의 베뉴(venue)를 출발지로 하여 다른 베뉴로 이동한 경로를 도출한다. 경로 도출 과정은 전체 베뉴(venue)에서 각 한 개의 베뉴를 출발점으로 보고 출발 베뉴에서 다른 베뉴로 이동한 경로가 있으면 그 두 베뉴 사이에 에지(edge)를 생성시켜준다. 경로의 유무는 Foursquare 사용자가 출발 베뉴에서 다른 베뉴로 이동한 경로들 중 사용자가 많은 상위 5위에 속한 경로로 판단한다⁶¹⁾. 특정 베뉴에서 다른 베뉴로 이동한 모든 경로(링크)가 실제로 두 베뉴(장소)를 연결해주는 역할이 있다고 하기 어렵다. 예를 들어 어떤 사람이 베뉴-A에서 베뉴-B로 이동을 했다고 생각해 볼 때 아주 미약한 관련성이 있을 것으로 추정된다. 그래서 본 연구에서는 특정 베뉴에서 다른 베뉴로 이동한 사람 수가 5위에 속한 경로(링크)만 사회적 공간 네트워크에 반영하고자 한다.

본 연구는 2017년 9월 7일 오후 3시부터 9월 14일 오후 8시까지 총 1주일 쯤 넘는 시간을 걸쳐 2017년 9월 7일까지 서울시 행정구역 내에 생성된 베뉴와 베뉴를 연결하는 사회적 공간 네트워크를 구축하였다. 이렇게 188,604개의 베뉴에서 자신을 포함한 다른 베뉴로의 이동 네트워크 188,604개를 만들고, 이렇게 각 베뉴를 출발지로 하는 188,604개의 이동 네트워크를 하나의 사회적 공간 네트워크로 묶어준다⁶²⁾. 다음으로 고립된 베뉴를 제거하였다⁶³⁾. 여기서 고립된 베뉴가 나타나는 이유는 모든 베뉴가 다른 베뉴와 연결되는 에지(edge)가 존재하는 것이 아니기 때문이다.

61) Foursquare에서 주거가 아닌 특정 베뉴에서 다른 주거가 아닌 베뉴로 이동하는 경로를 추정할 수 있는 정보를 제공하고 있다. Foursquare의 NextVenue가 바로 이런 기능을 가진 Open API 검색 도구이다.

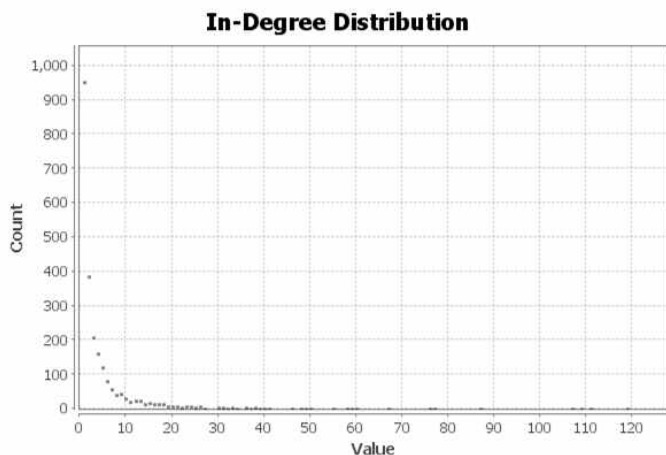
62) 두 개 이상의 네트워크를 하나의 네트워크로 통합시키는 작업은 Python Networkx의 compose 기능을 사용하였다. 위 21,474개의 이동 네트워크는 서로 노드(node)와 에지(edge)가 겹치게 되는데, 하나의 네트워크로 통합시키는 과정에서 중복되는 노드와 에지를 각각 하나의 노드와 에지로 변화해 준다.

63) 고립된 베뉴란 베뉴에서 자신을 포함한 다른 베뉴로의 이동 경로가 없는 베뉴를 가리킨다. 이런 베뉴는 Python Networkx의 isolates()를 remove하는 기능을 사용하였다.

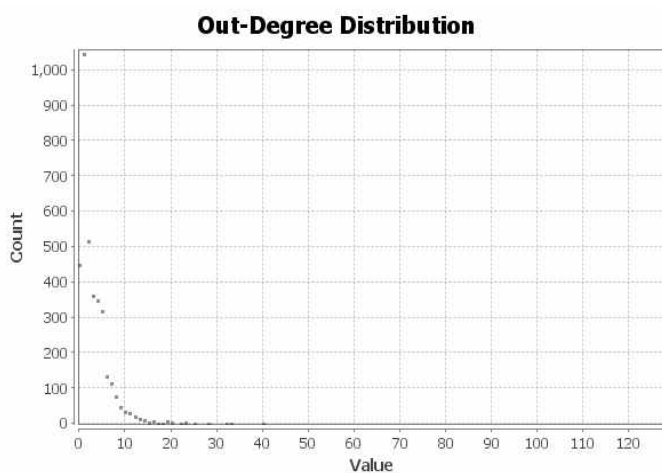


[그림 5-22] 서울시 Foursquare LBSN Data 기반 사회적 공간 네트워크

모든 정제 작업을 마친 서울시 행정구역 내 사회적 공간 네트워크의 노드(node) 개수는 총 10,279개, 에지(edge) 개수는 총 21,474개로 구성되었다. 물리적 공간 네트워크와 달리 사회적 공간 네트워크는 유향 네트워크(directed network)이다. 유향 네트워크(유향 그래프)란 노드(node)와 노드(node)사이를 연결하는 에지(edge)에 방향성이 있음을 가리킨다. 무향 그래프는 반대로 두 노드를 연결하는 에지(edge)에 방향성이 없어, 양 방향으로 이동이 이루어 질 수 있는 그래프이다.



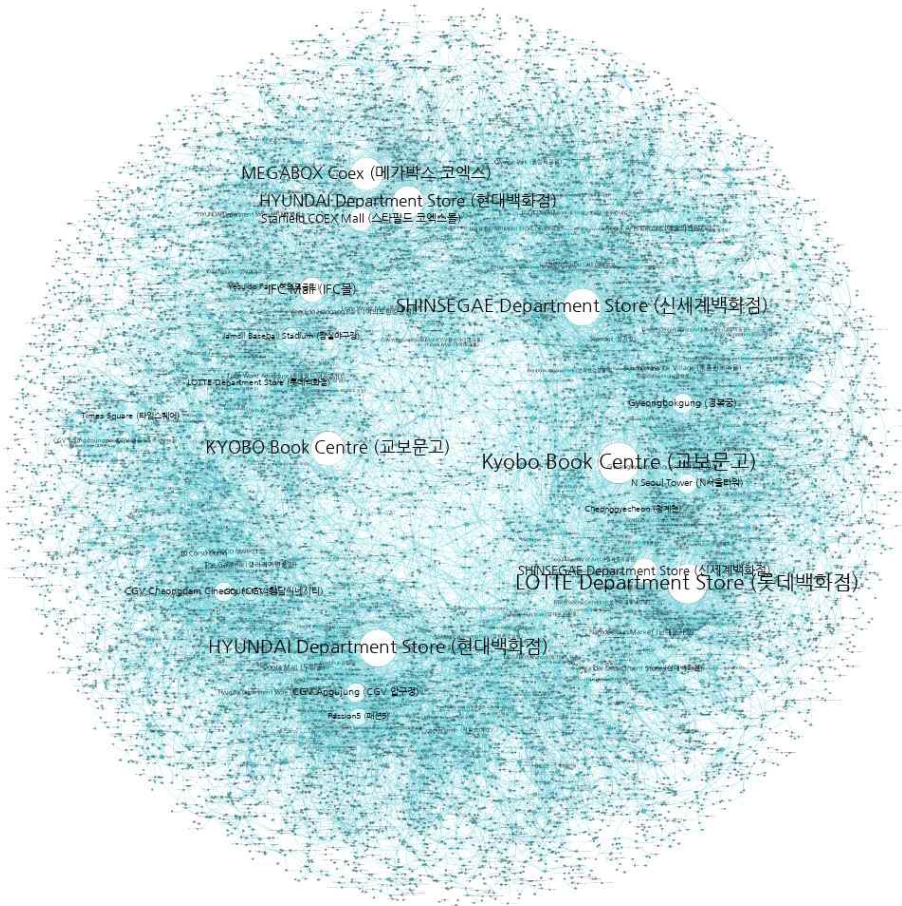
[그림 5-23] 사회적 공간 네트워크 In-degree 분포도



[그림 5-24] 사회적 공간 네트워크 Out-degree 분포도

Foursquare 사용자에게 의해 생성된 사회적 공간 네트워크는 특정 장소가 허브 역할을 하고 있음을 확인할 수 있다. 사회적 공간 네트워크의 평균 연결도(degree)는 6.059, 네트워크 지름은 27, 평균 깊이는 8.806이다. 사회적 공간 네트워크는 유향 그래프로써 그의 In-degree와 Out-degree를 보았을 때에도 전형적인 지수분포를 보이면서 척도없는 네트워크임을 확인할 수 있다. 척도없는 네트워크의 주요 특징인 허브(hub)가 여기에도 존재함을 시사한다. 다시 말해 어떤 특정 장소가 다른 장소와의 사회적 연결 관계에서 허브 역할을 하고 있음을 보여

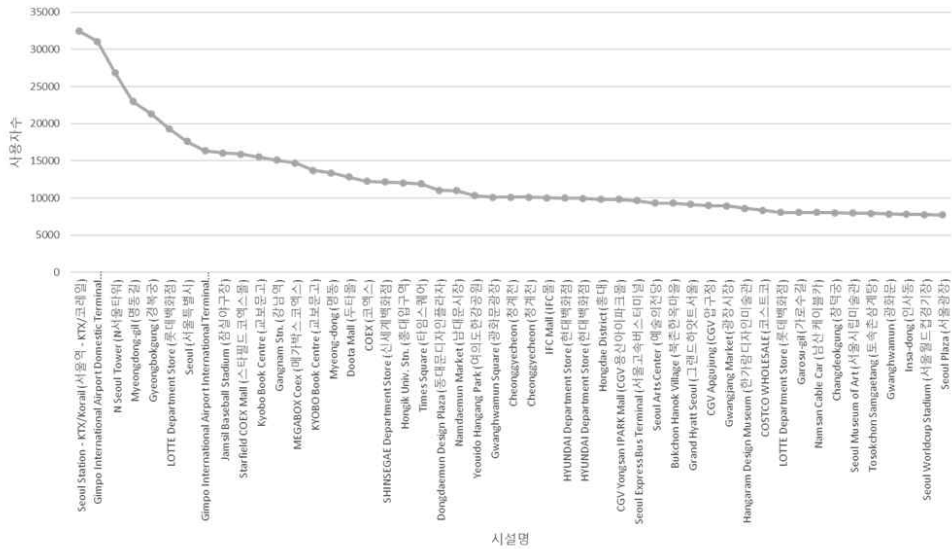
준다. 척도없는 네트워크의 ‘빈익빈, 부익부’와 같은 성장 논리에 근거하면 사회적 공간 네트워크의 성장도 마찬가지로 특정 허브 역할을 하는 장소에 더 많은 연결 관계가 형성되면서 네트워크가 성장할 것으로 추정해 볼 수 있다.



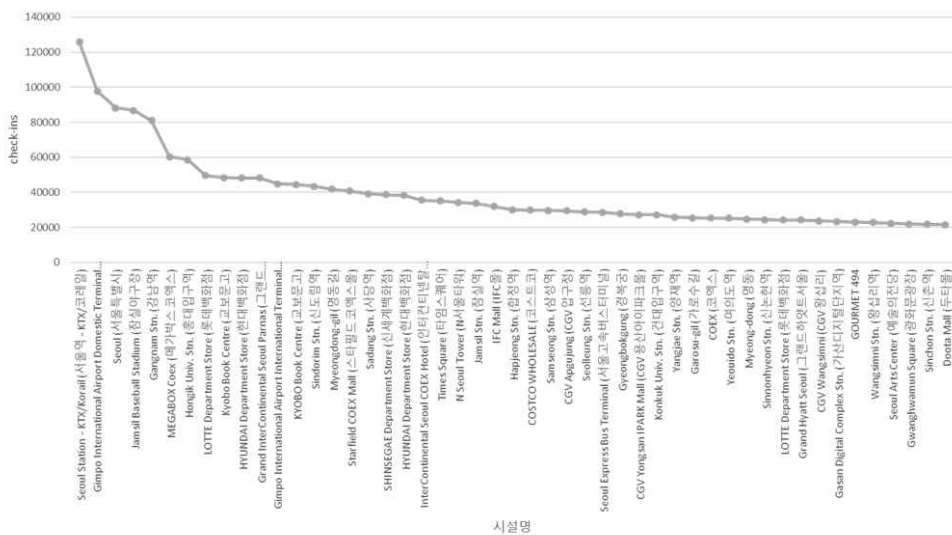
[그림 5-25] 서울시 Foursquare LBSN Data 기반 사회적 공간 네트워크 허브(hub) 메뉴

서울시 Foursquare LBSN Data 기반 사회적 공간 네트워크에서 대형 상업시설 (백화점과 복합 상업시설 등)이 허브(hub) 역할을 하는 것을 확인할 수 있다(그림 5-25). 서울시 행정구역 내에 있는 Foursquare 메뉴의 사용자 수와 체크인 수를 기준으로 보았을 때 서울역, 김포공항, 강남역, 홍대입구역, N서울타워, 경복궁,

명동길, 메가박스 코엑스, 잠실야구장, 롯데/현대 백화점 등이 인기가 높은 장소로 나타났다(그림 5-26, 5-27).

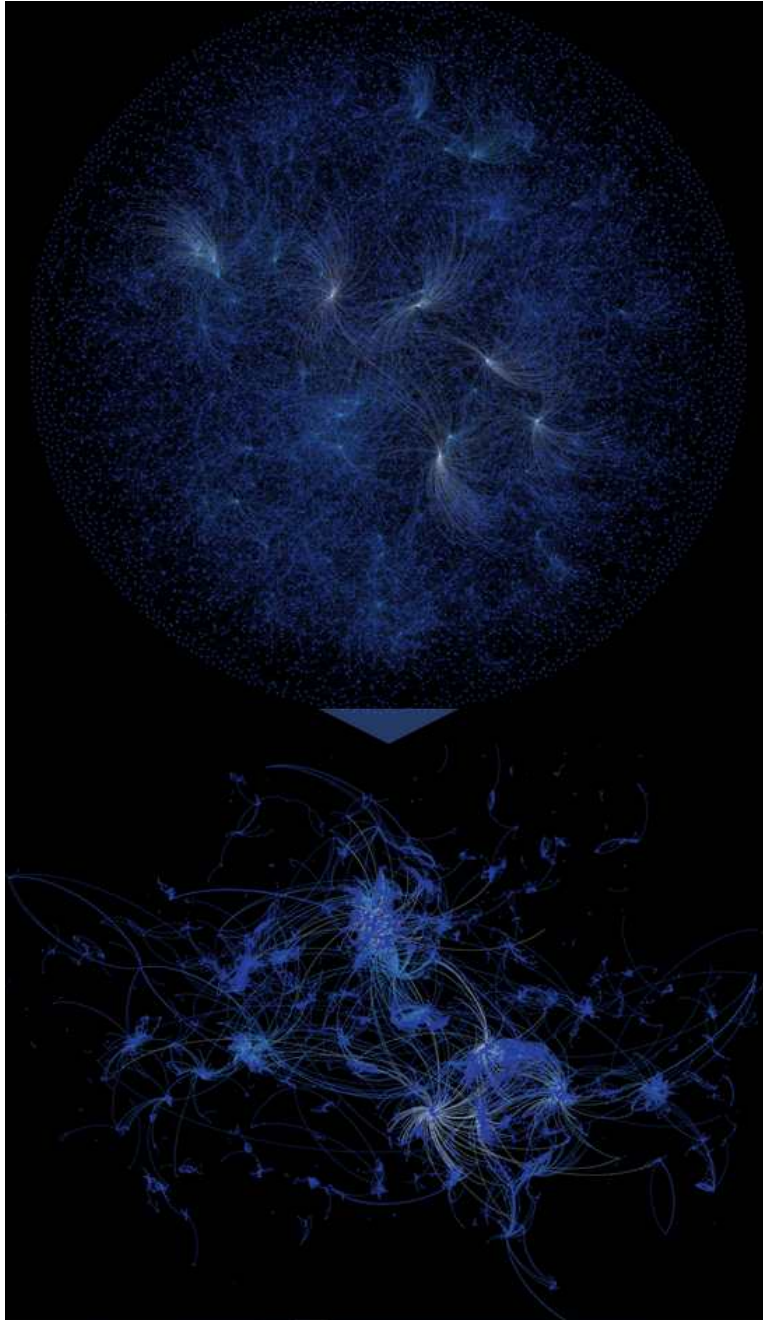


[그림 5-26] 서울시 Foursquare 사용자 수 기준 메뉴(venue) 분포(상위 50위)



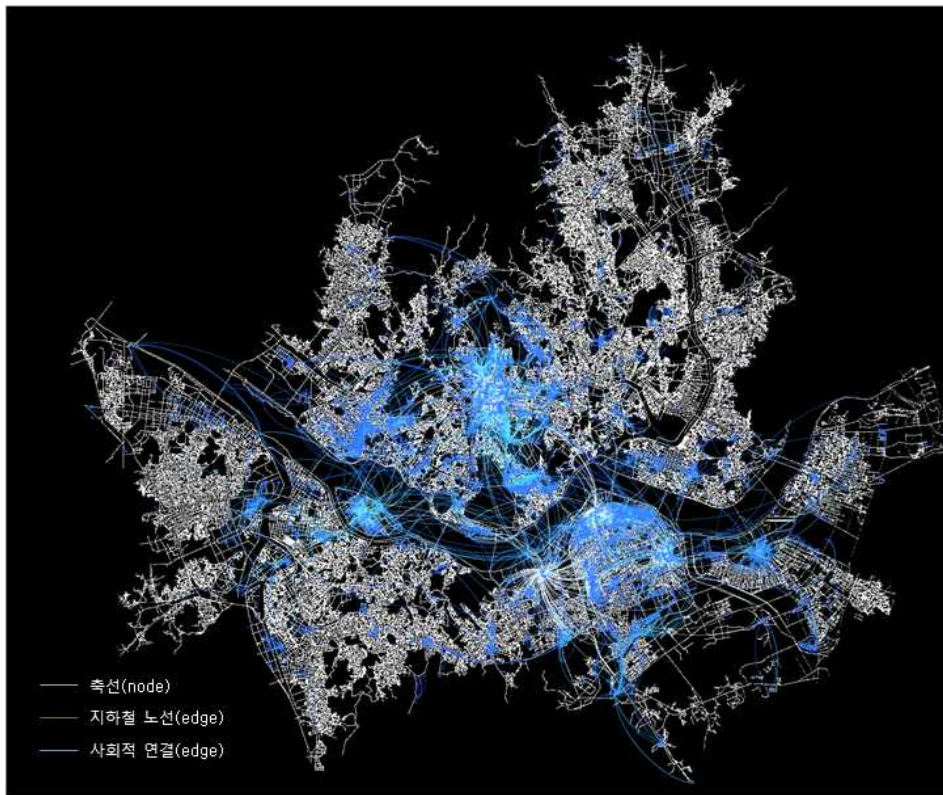
[그림 5-27] 서울시 Foursquare 체크인 수 기준 메뉴(venue) 분포(상위 50위)

5.2.3. 서울시 사회 · 물리적 공간 네트워크 구축



[그림 5-28] 사회적 네트워크의 공간화

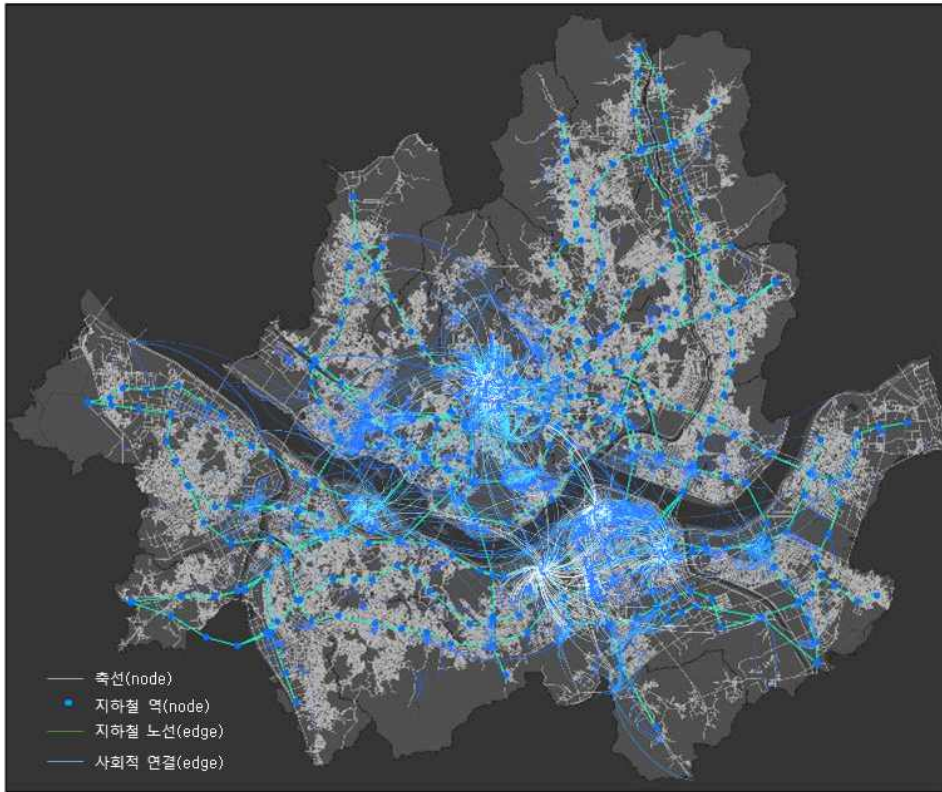
점(point)형 노드와 선(line)형 노드를 가진 두 가지 공간 네트워크를 통합시키기 위해 우선 사회적 공간 네트워크 노드(node)의 지리적 공간위치(경위도 좌표)로 [그림 5-28]과 같이 공간화한다. 이 과정은 Gephi 0.9.1 프로그램을 사용하여 노드의 위치를 경위도 좌표를 기준으로 공간에 분포 시킨다⁶⁴⁾. 이렇게 하여 전자 지도를 기반으로 지리적 위치가 정확하게 구축된 축선도와 공간화된 사회적 공간 네트워크를 오버랩(overlap)시켜 사회적 공간 네트워크의 점(point)형 노드(node)로부터 가장 가까운 축선의 고유 id를 점형 노드에 기입시켜 주고, 다음 단계로 축선의 고유 id를 가진 점형 노드는 해당 축선과 같은 장소로 한다⁶⁵⁾.



[그림 5-29] 축선도(흰색)와 사회적 공간 네트워크(파란색) 오버랩(overlap) 결과

64) Gephi 프로그램은 네트워크 분석 및 시각화 소프트웨어 패키지이다.

65) 축선의 고유 id를 점형 노드에 기입해 주는 작업은 GIS의 near 함수를 사용하였다.



[그림 5-30] 서울시 Foursquare 기반 사회·물리적 공간 네트워크

이 과정에서 한 개의 축선에 2개 이상, 1개 혹은 0개의 점형 노드가 있을 수 있는데 이와 같은 경우 축선을 기준으로 노드를 하나로 보고 그 점형 노드들의 에지(edge)는 그대로 재현시킨다.

5.3. 서울시 공간 네트워크 분석

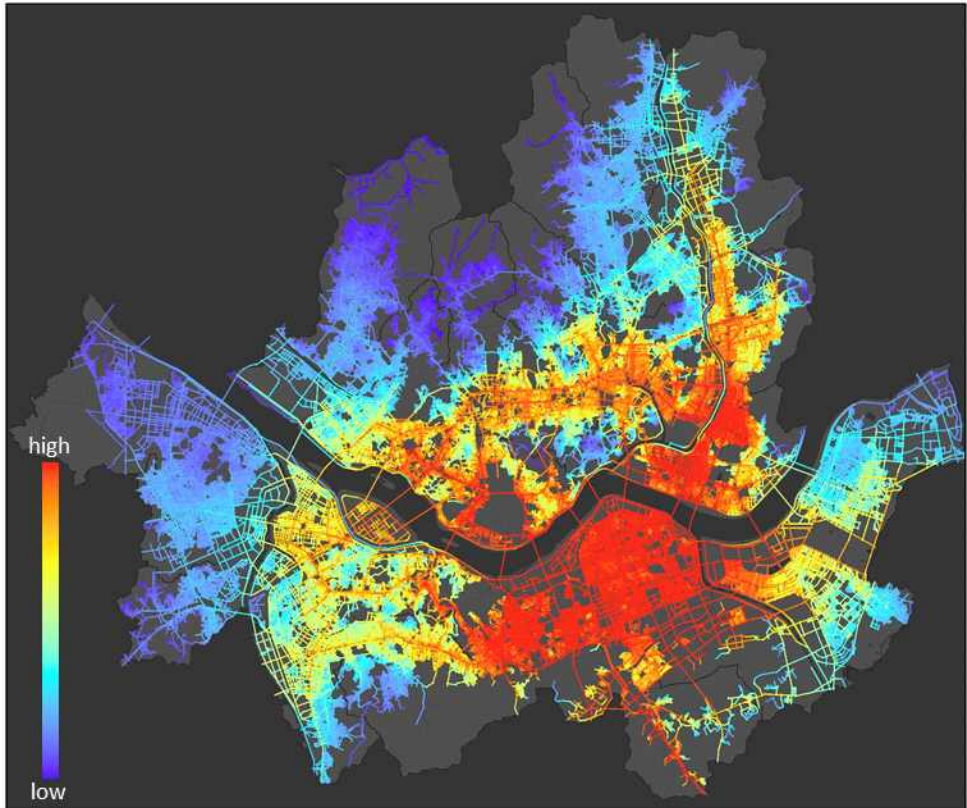
공간 네트워크 분석은 기존의 축선도, 지상·지하 공간 네트워크, 사회적 공간 네트워크 및 사회·물리적 공간 네트워크 4가지 네트워크를 분석하여 비교분석한다. 공간분석 지표로 통합도(Integration), 사이 중앙성(Choice value), 인접행렬 고유벡터 성분비(ERAM value)가 있다. 이 3가지 지표는 모두 접근성을 평가하는 지표로 통합도는 최단경로에 따른 평균깊이를 지표로 하고, 사이 중앙성은 최단 경로에 따른 각 노드에 방문하게 되는 빈도를 지표로 하고, ERAM 값은 무작위로 이동할 경우 특정 시점에서 각 노드에 머무를 확률로 하는 지표이다.

사회적 공간 네트워크는 시공간적인 물리적 관계에서 형성된 네트워크가 아닌 사회적인 관계에 의해 형성된 네트워크이다. 사회적 공간 네트워크가 반영된 사회·물리적 공간 네트워크도 이런 사회적 관계가 내포되어 있다. 사회적인 공간 네트워크의 접근성은 특정 목적지에 대한 심리적인 접근 용이성을 평가 지표로 하는 것이 적합하다.

본 연구는 통합도를 공간분석 지표로 사용한다. 통합도는 앞서 기술한 바와 같이 특정 공간/장소의 접근성을 평가할 때 자신을 제외한 다른 모든 위치/장소까지의 최단경로 평균깊이로 측정하여 산출되는 것으로서 목적지 지향형 지표이다. 그러나 사이 중앙성과 ERAM 값은 최단경로 혹은 랜덤(random)으로 이동한다는 전제하에서 이동과정에서 나타나는 값을 최종 중앙성 지표로 활용하는 것으로서 이동과정지향형 지표이다.

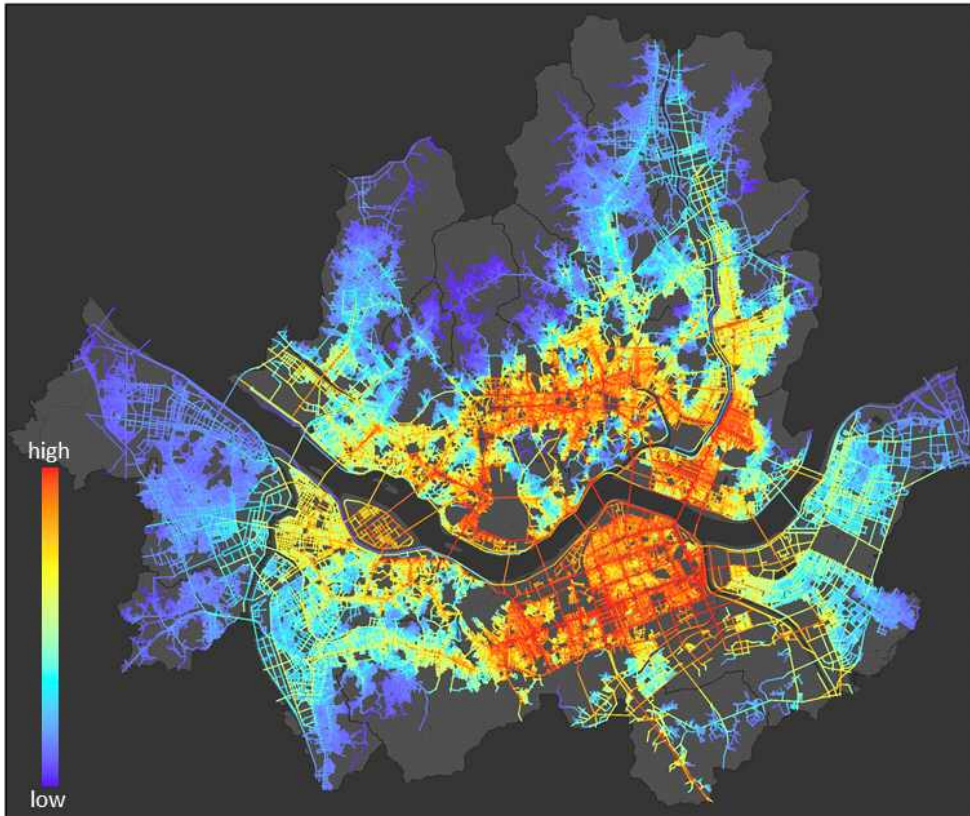
5.3.1. 물리적 공간 네트워크 분석

본 연구에서 사회·물리적 공간 네트워크에 적용한 물리적 공간 네트워크는 지상·지하 공간 네트워크로서 기존 축선도와는 차이를 보이고 있다. 박근송&최재필(2018) 연구에서 지상·지하 공간 네트워크가 축선도보다 유동인구를 설명하는 데 보다 좋은 결과를 보였다. 본 연구에서도 이와 같은 기존 연구결과의 유효성을 재검증하는 차원에서 축선도와 지상·지하 공간 네트워크를 각각 분석하여 비교할 것이다.



[그림 5-31] 서울시 축선도 기반 통합도 분포

물리적 공간 네트워크는 물리적 공간의 연결에 의해 재현된 네트워크로 방향성이 없다. 즉 두 노드(node)는 서로 접근할 수 있는 관계를 갖는다. 먼저 서울시 축선도(axial map)를 대상으로 통합도 분석결과 [그림 5-31]과 같다. 통합도 분석결과 강남구를 중심으로 서초구, 광진구, 용산구가 가장 높은 통합도 분포를 보이고, 동대문구, 마포구, 중랑구, 종로와 을지로 등 지역이 그 다음으로 높은 통합도 분포를 보인다. 서울 도심에 남산이 있어 그 주변으로 낮은 통합도를 보이고, 전반적으로 환형(環形)의 높은 통합도를 갖고 있다.

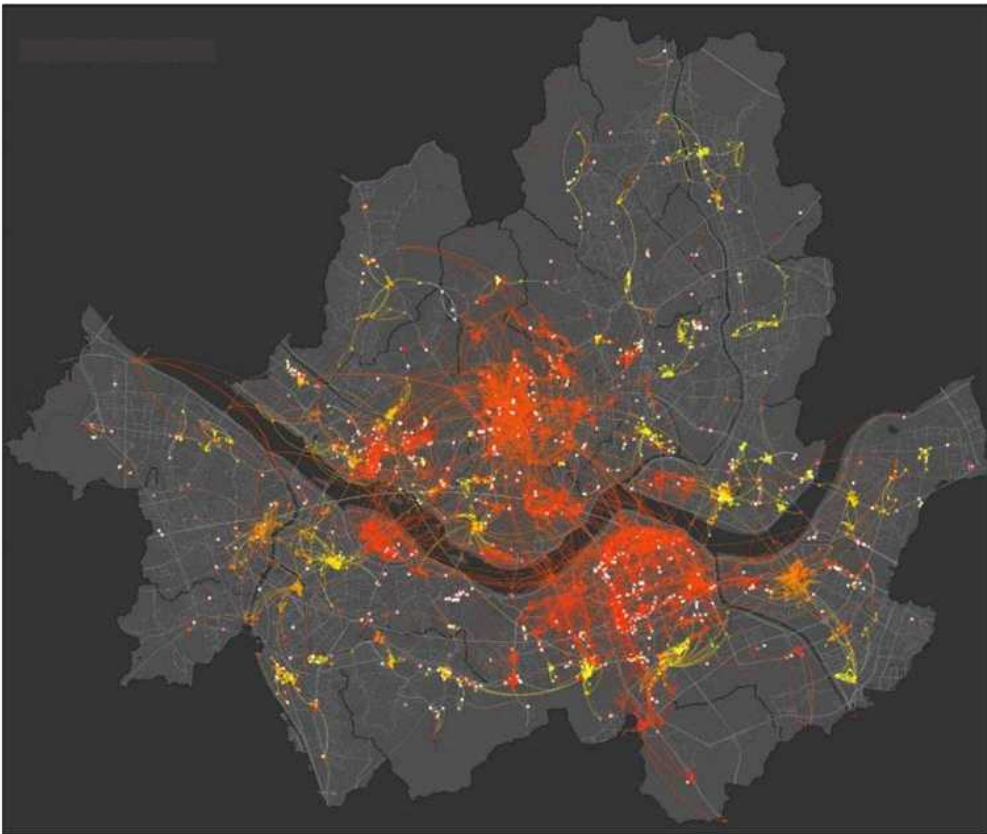


[그림 5-32] 서울시 지상·지하 공간 네트워크 기반 통합도 분포

[그림 5-32]와 같이 지하철선로망을 고려한 지상·지하 공간 네트워크 기반 통합도 분포는 축선도와 달리 강남과 강북의 주요 가로에 높은 통합도를 보인다. 이와 같은 분석 결과는 기존 축선도의 강남구, 서초구가 다른 지역에 비해 훨씬 높은 통합도를 보이는 것과 달리 강북의 종로구, 중구와 강남의 강남구, 서초구가 상대적으로 비슷한 통합도를 보이고 있음을 확인할 수 있다.

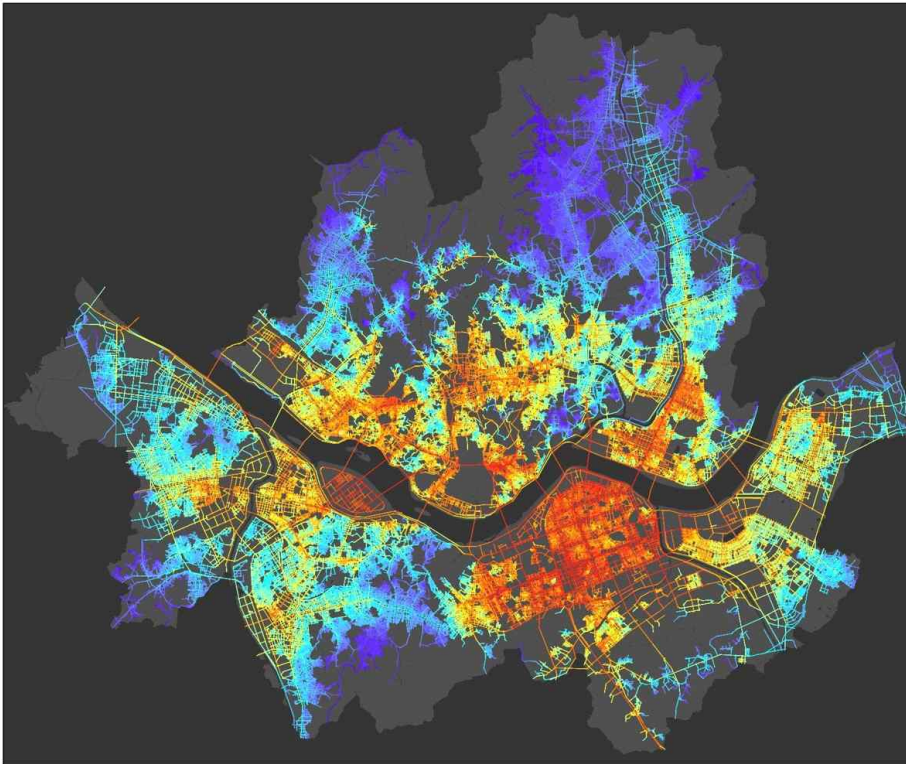
5.3.2. 사회적 공간 네트워크 분석

서울시 사회적 공간 네트워크 분석을 통해 사회적 통합도가 높은 장소를 파악할 수 있다. 사회적 공간 네트워크의 통합도 분석결과에서 빨간색이 짙을수록 통합도 값이 높다. 서울시의 사회적 통합도가 높은 지역으로는 광화문-인사동-명동, 홍대-신촌, 여의도, 이태원-경리단길-해방촌, 고속버스터미널, 강남대로, 테헤란로, 신사동-청담동, 삼성역 등이다. 이 지역들은 실제로 SNS에 많이 등장하는 핫 플레이스(hot place)들이 밀집되어 있는 지역이기도 하다.



[그림 5-33] 서울시 사회적 공간 네트워크 기반 통합도 분포

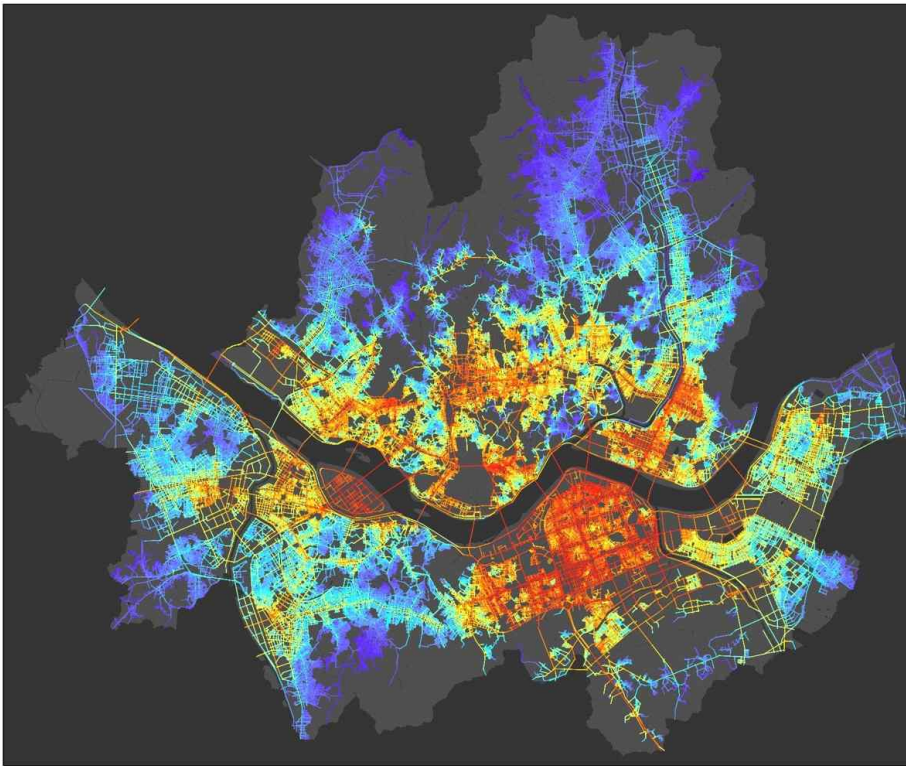
5.3.3. 사회·물리적 공간 네트워크 분석



[그림 5-34] 서울시 사회·물리적(축선도) 공간 네트워크 기반 통합도 분포

축선도를 기준으로 구축된 사회·물리적(축선도) 공간 네트워크의 통합도 분석 결과 일반 축선도의 통합도 분석결과와 확연히 다른 분포양상을 보이고 있다. 일반 축선도에서 강남에 높은 통합도가 분포되어 있던 것이 사회·물리적(축선도) 공간 네트워크에서는 실제 hot place로 떠오르는 홍대, 신촌, 이태원, 서촌, 삼청동 등 지역의 통합도가 많이 높아 졌고, 반면 강남구에 집중적으로 높았던 통합도가 다소 낮아진 것으로 나타났다. 이는 물리적 공간 네트워크로만 봤을 때 강남구에 높은 통합도를 보였지만 사회적 공간 네트워크의 영향을 같이 고려해 볼 때 실제 hot place에도 높은 통합도로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 축선도에 사회적 공간 네트워크를 고려한 통합도 분포양상은 앞서 설명한 축선도에 지하철선로

를 고려한 지상·지하 공간 네트워크의 통합도 분포양상과 유사한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 지하철선로와 사회적 공간 네트워크의 영향으로 나타나는 통합도 분포상의 변화가 비슷하다고는 할 수 있으나, 이것을 바탕으로 실제로 두 가지 네트워크의 역할이 유사하다고 보기에는 충분한 근거가 더 필요하다.



[그림 5-35] 서울시 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크 기반 통합도 분포

지상·지하 공간 네트워크를 기준으로 구축한 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크의 통합도 분석결과 지상·지하 공간 네트워크에서 상대적으로 낮은 통합도를 보였던 영등포구, 홍대-신촌, 잠실 등 지역의 통합도가 소폭 상승하는 결과를 보인다(그림 5-35). 이러한 결과는 지상·지하 공간 네트워크의 영향 외에 사회적 공간 네트워크 작용의 결과라고 볼 수 있다.

5.4. 실제 유동인구와 공간분석결과의 비교

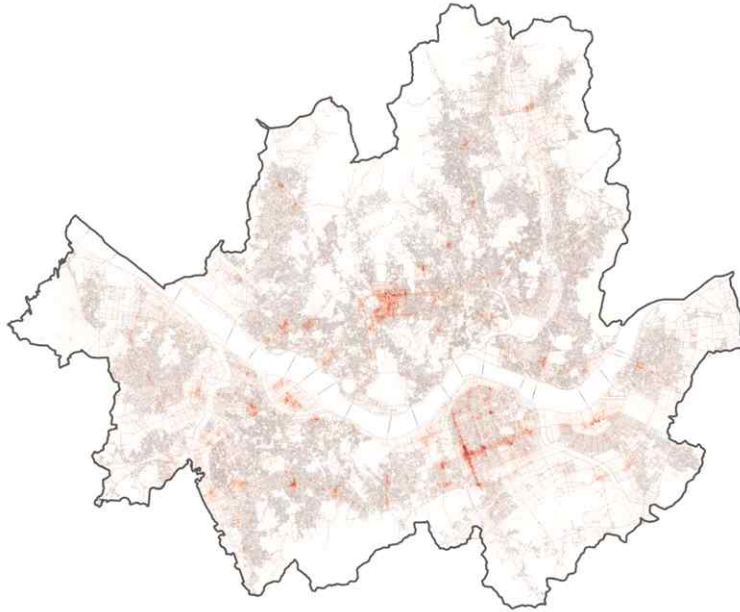
서울시에서 SKT 통신사에서 도시 내 유동인구 수를 스마트폰 위치추적을 통해 수집하고 있다. SKT의 유동인구 수집방법은 서울시를 50m*50m cell 단위로 구분하여 각 cell에서 이동하는 인구수를 수집하는 방식이다.

SKT에서 유동인구 데이터를 성별, 연령별, 시간별, 요일별로 제공하고 있다. 유동인구 데이터 수집절차는 우선 기지국 단위로 통화량 데이터 수집과 pCell⁶⁶⁾ 단위(50m*50m)로 데이터 수집(pCell ID, 통화수, 기지국ID)한다. 그리고 기지국 단위로 수집된 데이터와 pCell 데이터를 이용하여 유동인구로 가공한다. pCell 단위의 통화 수로부터 50*50 유동인구 수를 도출하고, 기지국 단위 데이터(성, 연령, 거주지)는 pCell별 통화 수로 배분해주고, 직장인 및 근무자를 제외하는 알고리즘을 적용하여 추가 기타 보정 작업이 수행된다. 이렇게 도출된 유동인구 수 데이터는 해당 지역 거주자 및 근무자는 제외한 방문자의 수이다.

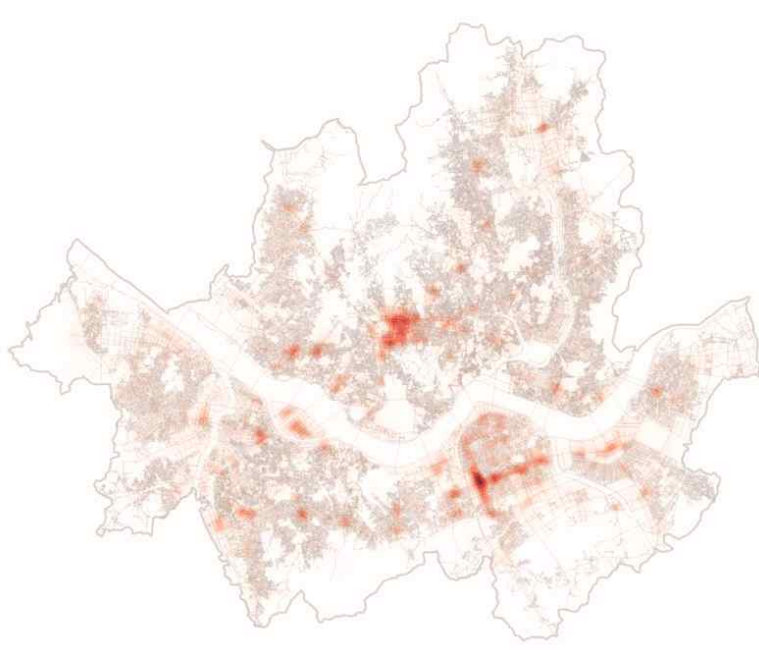
SKT 유동인구 데이터는 서울시의 1만개지점에 대한 유동인구 실제로 조사 후 이를 보정한 결과이다. 2013년 10월 기준 전국 인구 51,115,702명에서 스마트폰 가입자수 36,626,123명으로 전체 인구의 71.7%를 차지하고 있고, SKT 가입자가 17,916,688명으로 전체 스마트폰 가입자 수의 48.9%를 차지하고 있다. 참고로 KT 가입자 수는 30.2%, LGU+는 20.9% 이다(서울시 빅 데이터 캠퍼스).

서울시 빅 데이터 캠퍼스에서 제공하는 SKT의 유동인구 중 가장 최신 유동인구인 2016년 12월 1개월 유동인구 수를 본 연구의 사회·물리적 공간 네트워크 검증에 사용하고자 한다. 제공되는 유동인구 데이터를 1개월 동안 각 cell(50m*50m)의 총 유동인구의 분포는 [그림 5-36~5-39]와 같다. 유동인구 분포를 볼 때 강남대로와 테헤란로, 그리고 중구 지역이 높은 유동인구가 나타나는 지역이다.

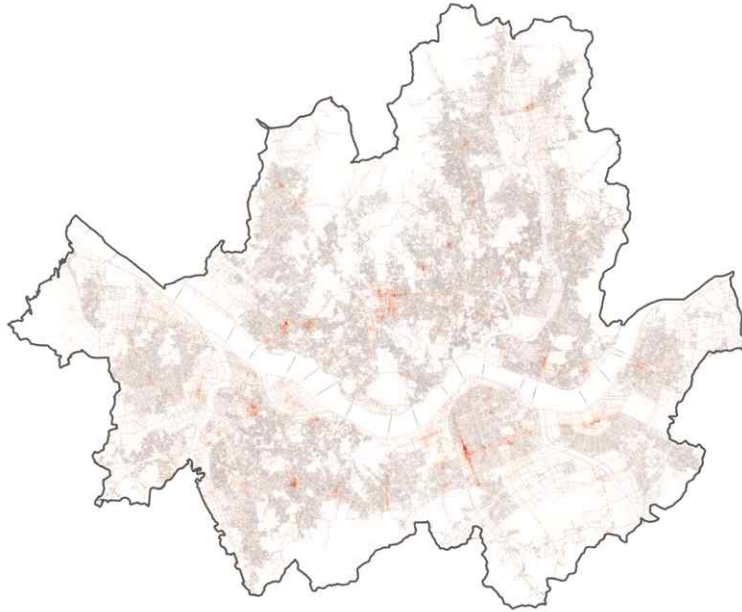
66) pCell은 SK텔레콤이 독자 개발한 Network 기지국 기반 위치검색 정밀화 기술로 50m*50m 단위로 통신망을 관리하는 방식으로, 각 pCell은 해당지역의 고객수 및 고객들이 어느 기지국과 통화하는지에 대한 기록을 보유하고 있다.



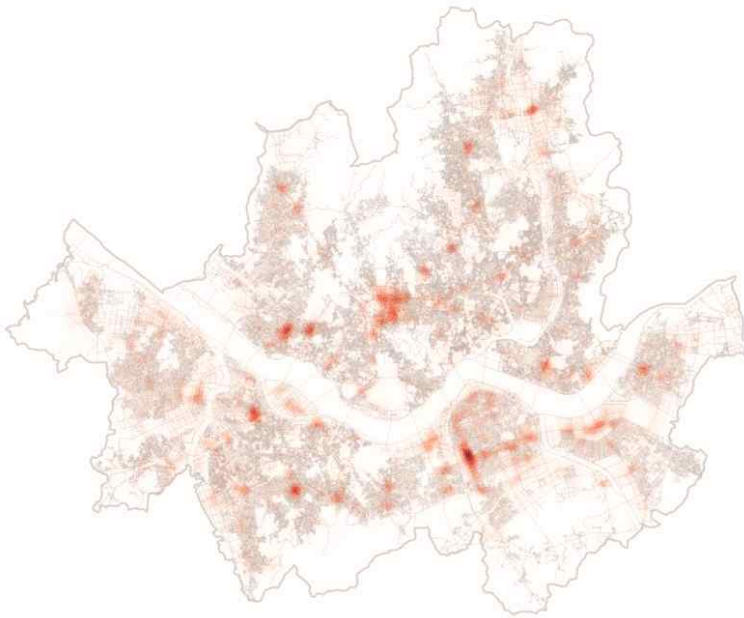
[그림 5-36] 서울시 유동인구(SKT, 2016년 12월 주중)



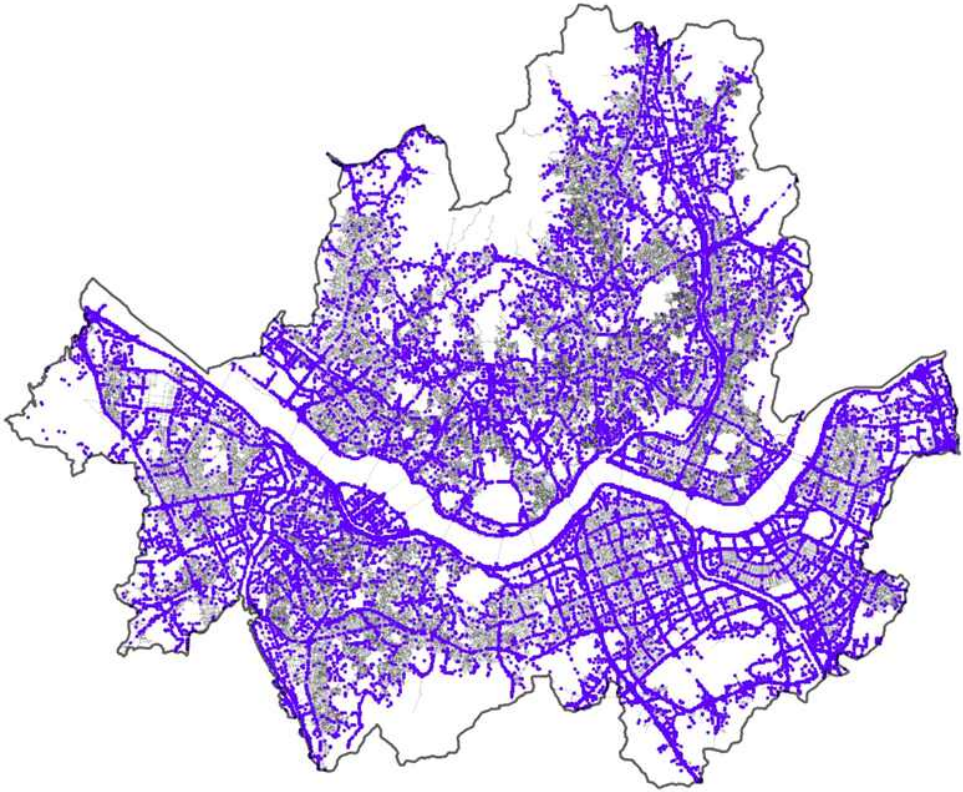
[그림 5-37] 서울시 유동인구 heat map(SKT, 2016년 12월 주중)



[그림 5-38] 서울시 유동인구(SKT, 2016년 12월 주말)



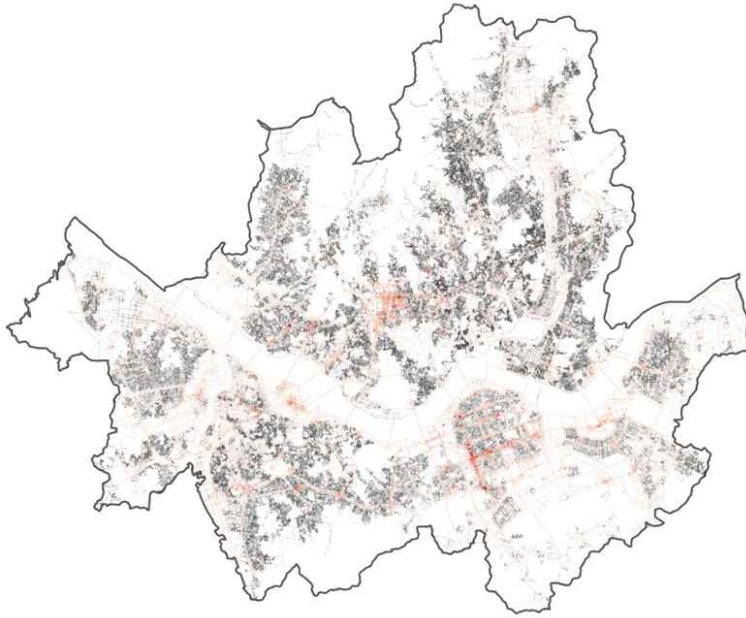
[그림 5-39] 서울시 유동인구 heat map(SKT, 2016년 12월 주말)



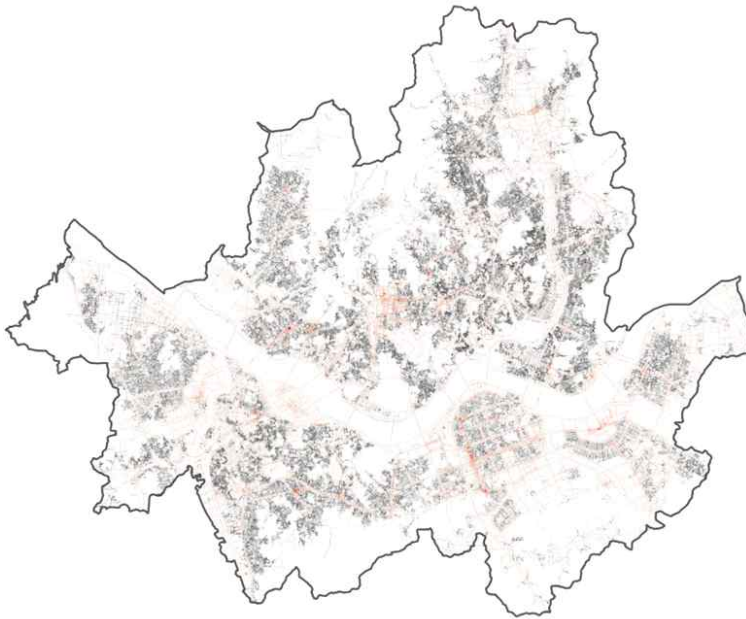
[그림 5-40] 축선도 기준 셀(cell) 분포

SKT와 같은 통신사에서 제공되는 유동인구가 셀(cell)로 되어 있다. 본 연구에서 도시 공간을 분석한 결과는 축선도의 축선으로 표현이 된다. 셀(cell)형과 선(line)형의 값을 비교분석하기 위해 본 연구는 축선(axial line)에서 10m 범위 내에 있는 셀(cell)의 유동인구 값을 활용하였다.⁶⁷⁾ 여기서 10m 범위 내에 있는지 여부는 셀의 중심점이 그 범위 안에 존재하는지 여부로 판단하였다. 그리고 축선의 10m 범위 내에 있는 유동인구의 합으로 환산하여 그 축선의 유동인구로 활용하였다. 이와 같은 처리 절차를 걸쳐 위 [그림 5-40]와 같은 셀의 분포도를 얻었고, 이를 기준으로 한 유동인구 분포도는 [그림 5-41], [그림 5-42]와 같다.

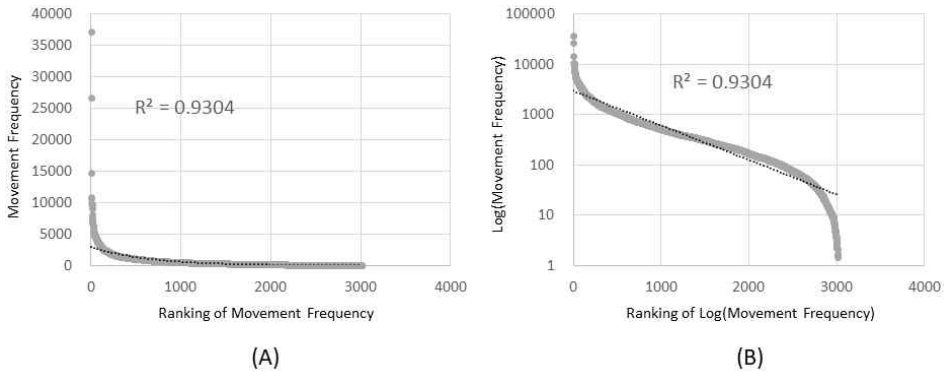
67) SKT 유동인구 데이터가 셀(cell)형으로 분포되어 있어, 축선의 통합도와 비교분석을 하기 위해 축선의 10m 범위 내에 있는 셀의 유동인구를 고려해 주었다.



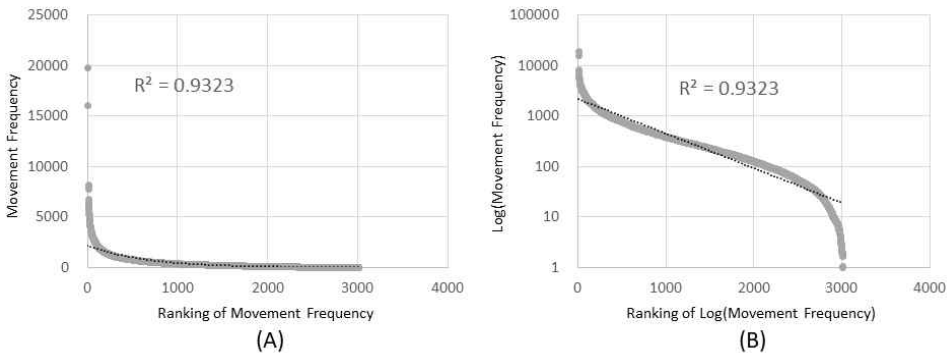
[그림 5-41] 축선도 기준 유동인구 (주중)



[그림 5-42] 축선도 기준 유동인구 (주말)



[그림 5-43] (A) 주중 유동인구 지수분포, (B) 주중 Log(유동인구) 선형분포



[그림 5-44] (A) 주말 유동인구 지수분포, (B) 주말 Log(유동인구) 선형분포

사회·물리적 공간 네트워크의 유효성을 검증하기에 앞서 사회적 공간 네트워크의 독립성을 검증할 필요가 있다. 다시 말해 실제 사람들의 이동흔적을 기반으로 구축한 사회적 공간 네트워크가 실제 유동인구와 높은 상관관계를 갖는다면 사회·물리적 공간 네트워크는 당연히 물리적 공간 네트워크에 비해 유동인구를 설명하는데 높은 상관관계를 보일 것이다. 그래서 우선 사회적 공간 네트워크의 독립성을 검증하고자 한다. 사회적 공간 네트워크의 독립성을 검증하는 방법은 베뉴사이의 이동흔적에 의해 구축된 사회적 공간 네트워크의 통합도(그림 5-33)와 실제 유동인구의 상관관계 분석을 통해 실현한다. 사회적 공간 네트워크의 통합도와 실제 유동인구의 상관관계 분석 결과는 아래 [표 5-7]과 같다. 사회적 공

간 네트워크의 통합도와 실제 유동인구의 상관도 값이 '0'에 가까운 값으로 나타나 통합도와 유동인구의 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이것은 사회적 공간 네트워크만으로는 도시 공간구조를 분석할 수 없음을 확인 할 수 있다. 다시 말해 뒤에서 물리적 공간 네트워크에 사회적 공간 네트워크를 통합시킨 사회·물리적 공간 네트워크를 분석하는 데 있어 사회적 공간 네트워크의 독립성을 확인해 주었다. 사회적 공간 네트워크에서 각 노드(메뉴/장소)를 방문한 사용자 수와 체크인 수는 통합도에 비해 실제 유동인구와 일정한 상관관계를 보인다. 여기서 주중 유동인구와 주말 유동인구를 각각 사용자 수와 체크인 수간의 상관관계를 분석한 결과 주말 유동인구와 사용자 수 그리고 체크인 수의 상관도가 주중 유동인구보다 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 실제로 도시민들이 주말에 더 많은 외부 활동(취미생활을 하면서 선호하는 장소를 방문한 가능성이 주중보다 높기 때문)을 하는 것과 관련이 있는 것으로 판단된다.

[표 5-7] 사회적 공간 네트워크 통합도, 메뉴 사용자 수 및 체크인 수와 유동인구 상관도(R^2)

	통합도	사용자 수	체크인 수
주중 유동인구	(0.020)	0.163	0.148
주말 유동인구	0.008	0.176	0.160

본 연구에서는 사람들의 일상생활패턴이 서로 달라서 다르게 나타나는 유동인구 패턴을 각각 따로 검증해 보기 위해 서울시 주중과 주말의 유동인구를 구분하여 검증하였다. 도시 공간분석 결과 값과 유동인구의 상관도 분석을 하기 위해 [그림 5-43] (A), [그림 5-44] (A)에서 확인할 수 있듯이 강한 지수분포를 보이는 유동인구에 [그림 5-43] (B), [그림 5-44] (B)와 같이 로그를 취하였다. 이렇게 하는 이유는 선형분포를 보이는 전체 통합도와 분포양상을 같게 하기 위해서이다. 유동인구에 로그를 취해 공간구문론을 연구하는 것과 관련하여 선행 공간구문론 연구들에서도 많이 수행된 바가 있다(Hillier et al., 1993; 김영욱, 2003; Raford, 2003; 김민석, 2006; 조형규, 2006; Kim&Piao, 2017; 박근송&최재필 2018).

[표 5-2] 실제 유동인구와 물리적 공간 네트워크와 사회·물리적 공간 네트워크의 상관관계(R^2)

Global Integration		Log(Movement Frequency)	Weekday	Weekend
Physical Spatial Network	Ground Spatial Network (Axial Map)		0.273	0.235
	Ground-Underground Spatial Network		0.394	0.350
Social-Physical Spatial Network	Social-Physical Spatial Network (Ground Spatial Network)		0.290	0.234
	Social-Physical Spatial Network (Ground-Underground Spatial Network)		0.337	0.275

실제 유동인구와 물리적 공간 네트워크의 상관관계, 실제 유동인구와 사회·물리적 공간 네트워크의 상관관계를 각각 분석한 결과 [표 5-2]와 같이 나타났다. 분석 결과 중 물리적 공간 네트워크에서 축선도에 비해 지상·지하 공간 네트워크의 상관도가 훨씬 높게 나타난 것을 확인할 수 있다. 이는 물리적 공간 네트워크로 도시 공간분석을 할 때 일반 축선도 보다 지하 공간 네트워크를 고려한 지상·지하 공간 네트워크의 유동인구에 대한 설명력이 더 높음을 설명한다. 분석 결과 중 물리적 공간 네트워크와 사회·물리적 공간 네트워크의 유동인구에 대한 설명력을 비교해 보았을 때 일반 축선도를 기반으로 한 사회·물리적 공간 네트워크의 주중 유동인구에 대한 설명력이 소폭 높아진 것을 확인할 수 있고, 기타 사회·물리적 공간 네트워크의 설명력이 오히려 물리적 공간 네트워크의 설명력보다 낮은 결과를 보이고 있다.

위 분석 결과에서 사회·물리적 공간 네트워크가 물리적 공간 네트워크에 비해 유동인구에 대한 설명력이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 사회·물리적 공간 네트워크의 통합도 분석과정에서 사회적 연결과 물리적 연결을 함께 취급하면서 나타난 오류라고 볼 수 있다. 사회·물리적 공간 네트워크에서 물리적 연결은 단위공간들 사이의 실제 물리적인 이동성과 가시성을 기반으로 하는 연결관계이고, 사회적 연결은 장소들 사이의 사회적 작용에 의해 형성된 연결관계이다. 이런

점을 고려하여 사회·물리적 공간 네트워크의 통합도를 산출할 때 물리적 연결과 사회적 연결을 차별화하여 설정해줄 필요가 있다.

서울시 사회·물리적 공간 네트워크는 물리적 공간사이의 물리적 연결과 사회적 연결을 통합시킨 공간 네트워크로서 기존의 공간분석기법에서 적용했던 공간 네트워크와는 다른 특성을 가진다. 네트워크를 구성하고 있는 노드(node)는 물리적 공간이고, 에지(edge)는 물리적인 연결 관계와 사회적인 연결 관계 두 가지 유형이다. 에지(edge)의 유형에 따라 그 특성에 맞는 상응한 차별을 주어야 한다. 이론적으로 깊이는 두 공간 사이에 접근성 상의 난이도를 지표화한 것으로 물리적 연결과 사회적 연결은 분명한 차이를 갖고 있다. 그래서 본 연구는 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크의 공통적인 노드(node)에 해당되는 축선을 기준으로 각 축선의 물리적 연결과 사회적 연결의 상대적 접근성에 대한 난이도를 설정해줄 필요가 있다. 여기서 일반적으로 축선과 축선의 물리적 연결은 축선 상에 있는 특정 장소(시설일 수도 있음)와 장소의 사회적 연결에 비해 강한 관계를 갖고 있어, 실제 접근성 측면에서 물리적 연결에 의한 용이성이 더 높을 것으로 판단된다. 그래서 물리적 연결 강도가 사회적 연결 강도에 비해 크다는 전제에서 아래와 식-17과 같이 설정해보았다.

$$\text{물리적 연결 강도} / \text{사회적 연결 강도} = W \quad (W \geq 1) \quad (17)$$

물리적 연결 강도 : 두 축선사이의 연결 강도

사회적 연결 강도 : 두 베뉴사이의 연결 강도

연결 강도가 크면 접근성이 용이해져 반대로 ‘깊이’는 작다. 예를 들어 물리적 연결 강도가 사회적 연결 강도의 5배인 $W=5$ 일 경우, 물리적 공간 네트워크에서 1단계 깊이가 1일 때, 사회적 공간 네트워크의 1단계의 깊이는 5로 표현할 수 있다. 공간구문론에서 깊이가 크면 클수록 접근성이 안 좋다는 것을 설명하기 때문에 연결 강도가 작으면 깊이가 크고, 연결 강도가 크면 반대로 깊이는 작다.

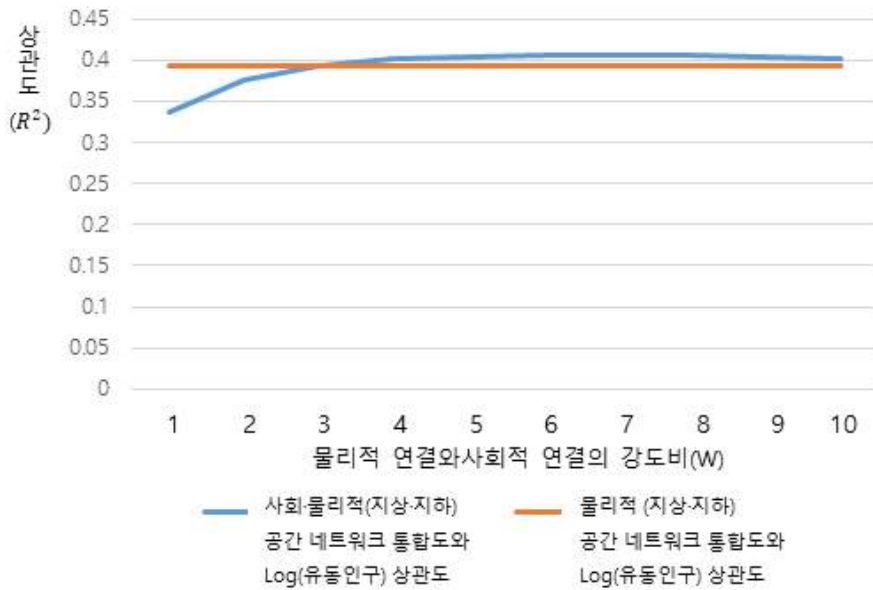
강도비를 달리 설정하여 실제 유동인구와 상관관계를 분석한 결과는 아래 [표 5-9]와 같다.

[표 5-9] 물리적 연결과 사회적 연결의 강도비 범위를 1~10으로 하였을 때
물리적(축선도) 공간 네트워크와 사회·물리적(축선도) 공간 네트워크 통합도를 각각
유동인구와 상관도(R^2) 분석결과

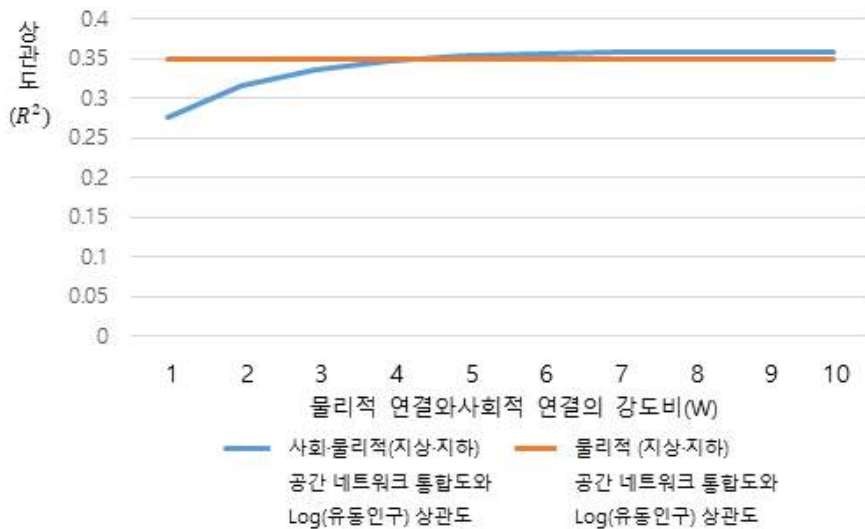
		주중 유동인구				주말 유동인구			
		축선도 통합도와 유동인구 상관도	사회·물리적(축선도) 공간 네트워크 통합 도와 유동인구 상관도	축선도 통합도와 사회·물리적(축선도) 공 간 네트워크 통합도의 상관도	t_value	축선도 통합도와 유동인구 상관도	사회·물리적(축선도) 공간 네트워크 통합 도와 유동인구 상관도	축선도 통합도와 사회·물리적(축선도) 공 간 네트워크 통합도의 상관도	t_value
물리적 연결과 사회적 연결 강도비 (W)	1	0.273	0.290	0.555	1.081	0.235	0.234	0.555	-0.047
	2	0.273	0.306	0.665	2.324	0.235	0.249	0.665	1.019
	3	0.273	0.303	0.731	2.402	0.235	0.252	0.731	1.341
	4	0.273	0.303	0.766	2.538	0.235	0.255	0.766	1.666
	5	0.273	0.300	0.788	2.437	0.235	0.254	0.788	1.716
	6	0.273	0.298	0.803	2.323	0.235	0.254	0.803	1.746
	7	0.273	0.297	0.817	2.269	0.235	0.254	0.817	1.801
	8	0.273	0.296	0.831	2.334	0.235	0.254	0.831	1.935
	9	0.273	0.296	0.844	2.369	0.235	0.254	0.844	2.014
	10	0.273	0.294	0.857	2.320	0.235	0.253	0.857	1.986

[표 5-10] 물리적 연결과 사회적 연결의 강도비 범위를 1~10으로 하였을 때
물리적(지상·지하) 공간 네트워크와 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크 통합도를
각각 유동인구와 상관도(R^2) 분석결과

		주중 유동인구				주말 유동인구			
		지상·지하공간네트워크통합도와유동인구상관도	사회·물리적(지상·지하)공간네트워크통합도와유동인구상관도	지상·지하공간네트워크통합도와사회·물리적(지상·지하)공간네트워크통합도의상관도	t_value	지상·지하공간네트워크통합도와유동인구상관도	사회·물리적(지상·지하)공간네트워크통합도와유동인구상관도	지상·지하공간네트워크통합도와사회·물리적(지상·지하)공간네트워크통합도의상관도	t_value
물리적 연결과 사회적 연결 강도비 (W)	1	0.394	0.337	0.666	-4.204	0.350	0.275	0.666	-5.316
	2	0.394	0.376	0.794	-1.633	0.350	0.317	0.794	-2.974
	3	0.394	0.393	0.860	-0.130	0.350	0.337	0.860	-1.438
	4	0.394	0.401	0.903	0.941	0.350	0.348	0.903	-0.259
	5	0.394	0.404	0.931	1.574	0.350	0.353	0.931	0.508
	6	0.394	0.405	0.951	2.188	0.350	0.357	0.951	1.295
	7	0.394	0.406	0.964	2.628	0.350	0.358	0.964	1.886
	8	0.394	0.405	0.972	2.897	0.350	0.359	0.972	2.337
	9	0.394	0.404	0.978	2.798	0.350	0.358	0.978	2.444
	10	0.394	0.402	0.981	2.526	0.350	0.357	0.981	2.365



[그림 5-45] 사회·물리적(축선도) 공간 네트워크 통합도와 실제 유동인구 간의 상관관계



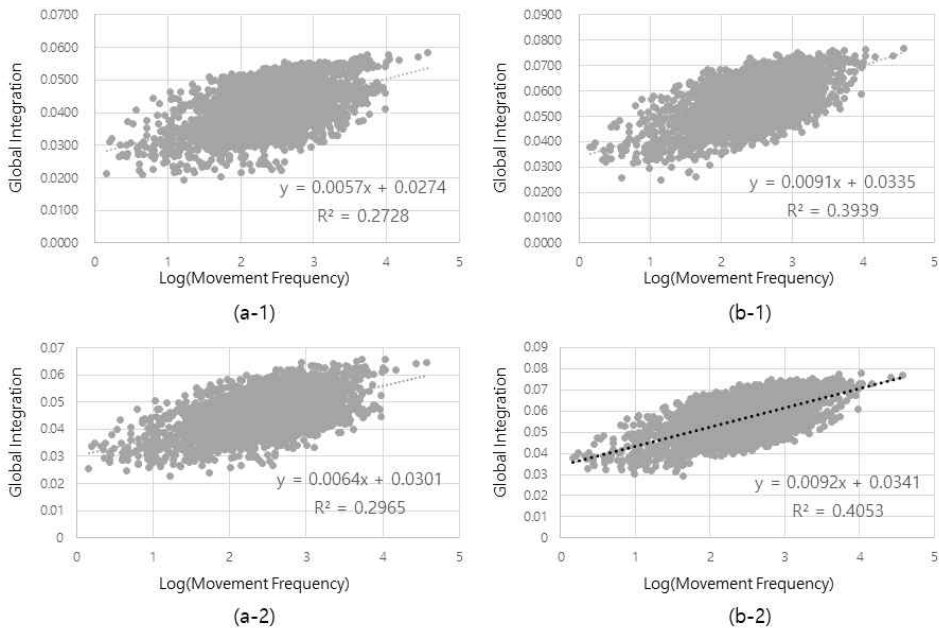
[그림 5-46] 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크 통합도와 실제 유동인구 간의 상관관계

물리적 연결과 사회적 연결의 강도비(W)를 1~10 범위 내에서 강도비가 점차 커짐에 따라 사회·물리적 공간 네트워크의 통합도가 유동인구와의 상관도가 물리적 공간 네트워크 통합도 보다 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이런 결과로부터 물리적 연결과 사회적 연결의 강도에는 분명한 차이를 갖고 있음을 알 수 있다. 물리적 연결 강도와 사회적 연결 강도의 비율을 1~10사이 범위에서 달리 설명한 결과 강도비가 8일 때 실제 유동인구와의 상관관계 분석에서 사회·물리적 공간 네트워크가 물리적 공간 네트워크에 비해 제일 높은 설명력을 보였다. 그러나 물리적 연결 강도와 사회적 연결 강도의 비율은 사회적 공간 네트워크를 구축하는데 고려되는 LBSN Big Data에 따라 다르게 나타날 수 있다. 본 연구는 Foursquare LBSN Big Data만 고려하여 구축한 사회적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크의 비율을 보았을 때 위와 같은 결과를 보였다. 그러나 본 연구를 통해 사회적 연결 강도가 물리적 연결 강도에 비해 약한 연결성을 보임을 확인할 수 있다.

[그림 5-47]은 4가지 공간 네트워크의 통합도와 서울시 주중 유동인구의 회귀 분석 결과를 나타낸 상관도이다. 지상·지하 공간 네트워크가 기존 일반 축선도의 결정계수($R^2=0.273$)에 비해 결정계수가 $R^2=0.3939$ 로 대폭 높아졌음을 확인할 수 있다. 이것은 기존 박근송 외 1인(2018)의 연구에서 검증된 결과와 일맥상통하는 결과이다. 물리적 공간 네트워크인 일반 축선도에 사회적 공간 네트워크를 통합시킨 축선도 기반 사회·물리적 공간 네트워크도 일반 축선도의 결정계수($R^2=0.2728$)에 비해 결정계수가 $R^2=0.2965$ 로 소폭 높아졌음을 확인할 수 있다. 그리고 지상·지하 공간 네트워크에 사회적 공간 네트워크를 통합시킨 사회·물리적 공간 네트워크는 지상·지하 공간 네트워크의 결정계수($R^2=0.3939$)에 비해 결정계수가 $R^2=0.4053$ 으로 소폭 높아졌다. [표 5-9]와 표[5-10]에서 확인 할 수 있듯이 물리적 공간 네트워크에 비해 사회·물리적 공간 네트워크의 유동인구에 대한 설명력 상에서 t 값이 2.334와 2.897(>1.645, $\alpha_2=0.10$)로 통계적으로 유의미한 수준에서 양자가 같다는 가설을 기각할 수 있어 비록 소폭의 상관도 향상이지만 양자가 유의미한 차이를 보이고 있음을 확인 할 수 있다.⁶⁸⁾ 여기서 일반 축선도에 비해 지상·지하 공간 네트워크의 설명력이 훨씬 높고, 일반 축선도와 지상·지하 공간

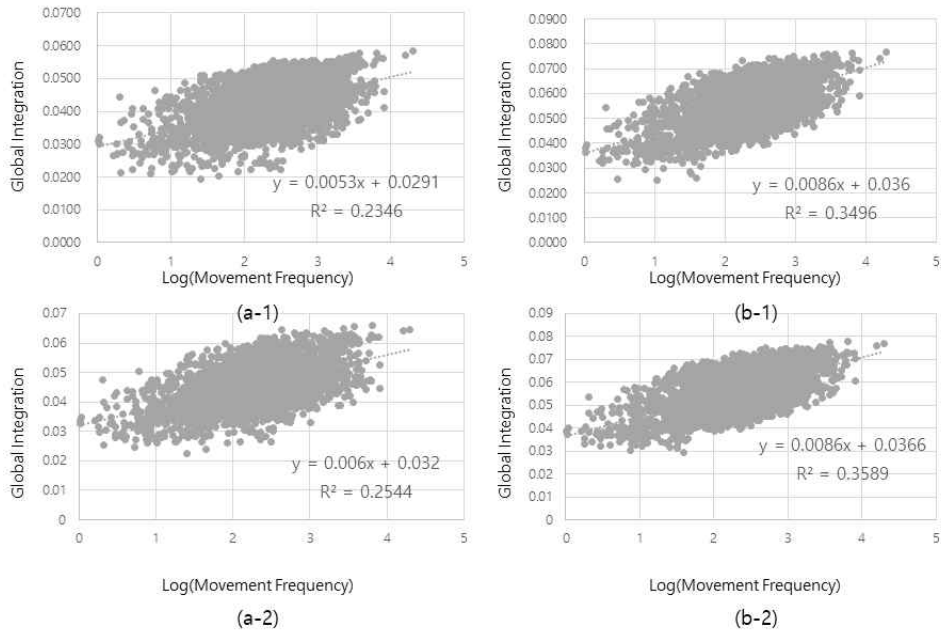
68) 두 상관도가 유의미한 차이를 확인하는 방법으로 Gene Glass, K Hopkins(1996). pp.362-363 내용을 참조하였다.

네트워크에 비해 사회·물리적 공간 네트워크의 설명력이 조금 높은 것을 확인할 수 있다. 결국 본 연구에서 최종적으로 제안하는 지상·지하 공간 네트워크 기반 사회·물리적 공간 네트워크는 기존 일반 축선도를 활용한 도시 공간분석보다 유동인구에 대해 설명력이 높아졌음을 확인할 수 있다.



[그림 5-47] 통합도와 주중 유동인구 상관도 (강도비(W) = 8)
 (a-1) 일반 축선도, (a-2) 축선도 기반 사회·물리적 공간 네트워크,
 (b-1) 지상·지하 공간 네트워크,
 (b-2) 지상·지하 공간 네트워크 기반 사회·물리적 공간 네트워크

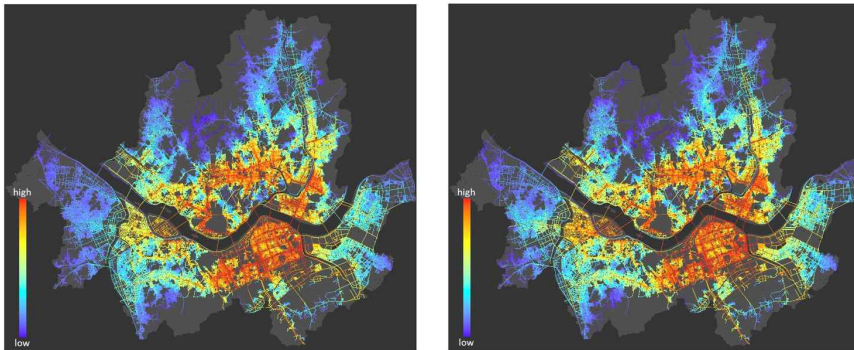
주말 유동인구와의 상관도에서도 일반 축선도 결정계수는 $R^2=0.2346$, 축선도 기반 사회·물리적 공간 네트워크 결정계수는 $R^2=0.2544$, 지상·지하 공간 네트워크 결정계수는 $R^2=0.3496$, 지상·지하 공간 네트워크 기반 사회·물리적 공간 네트워크 결정계수는 $R^2=0.3589$ 로 나타났다(그림 5-48).



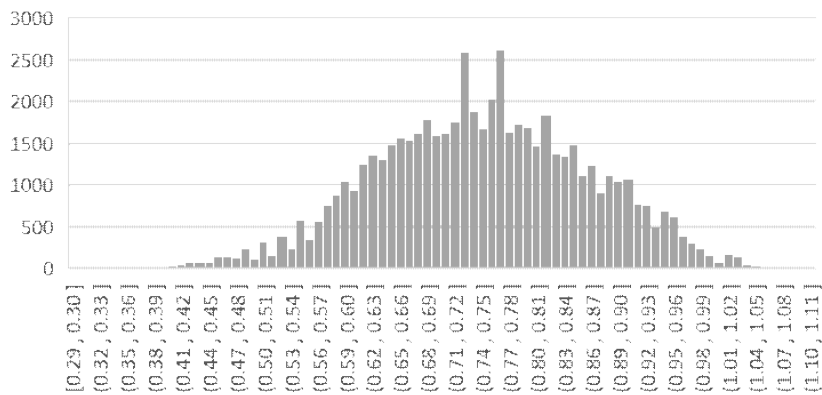
[그림 5-48] 통합도와 주말 유동인구 상관도 (강도비(W) = 8)
 (a-1) 일반 축선도, (a-2) 축선도 기반 사회·물리적 공간 네트워크,
 (b-1) 지상·지하 공간 네트워크,
 (b-2) 지상·지하 공간 네트워크 기반 사회·물리적 공간 네트워크

5.5. 실제 도시현황과 공간분석결과 비교

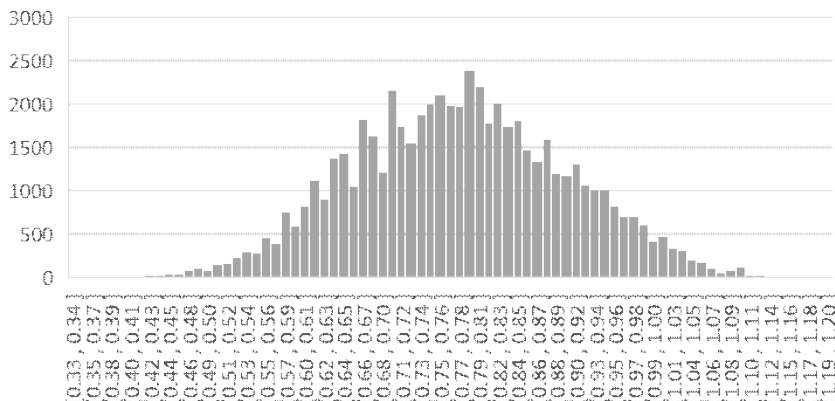
사회·물리적 공간 네트워크와 물리적 공간 네트워크의 분석 결과에서 차이를 보이는데 이것은 사회·물리적 공간 네트워크에 통합 고려된 사회적 공간 네트워크의 영향에 의해 나타나는 결과이다. 두 가지 네트워크에서 나타나는 통합도 분포의 변화는 인간의 사회활동에 의해 지역 사회현상이 일정한 영향을 받았다고 해석할 수 있다. 다시 말해 인간이 사회활동을 추상화시킨 사회적 공간 네트워크의 작용으로 지역의 사회현상에 영향을 미쳤음을 보여준다. 서울시 통합도 분포로 보면 물리적 공간 네트워크(지상·지하 공간 네트워크)와 사회·물리적 공간 네트워크에서 다른 양상을 보이고 있다(그림 5-49).



[그림 5-49] 서울시 통합도 분포 (A) 물리적 공간 네트워크, (B) 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크(W=8)



[그림 5-50] 물리적(지상·지하) 공간 네트워크 통합도 히스토그램

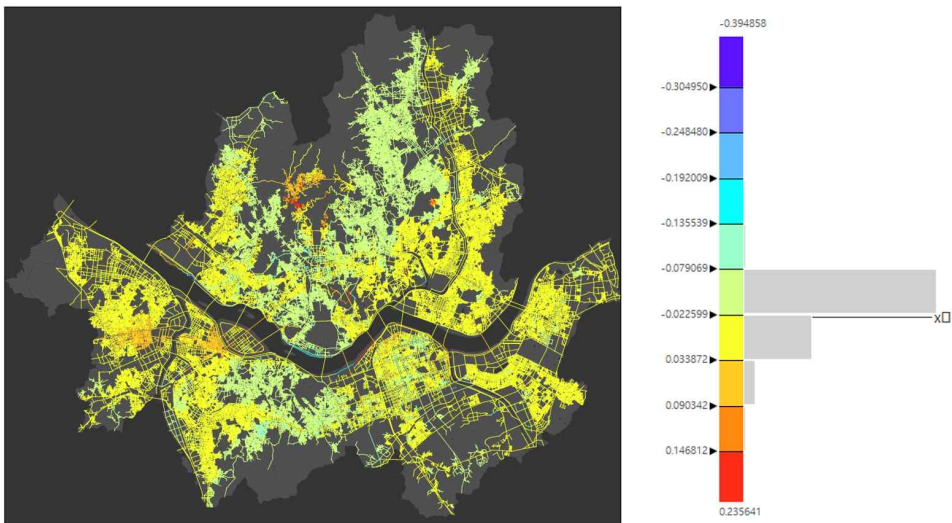


[그림 5-51] 사회·물리적(지상·지하) 공간 네트워크 통합도 히스토그램

통합도 값의 히스토그램을 볼 때 전반적인 분포는 중형에 가까운 형태를 취하고 있다. 그러나 물리적 공간 네트워크의 통합도 중 특정 값이 집중적으로 많이 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다.

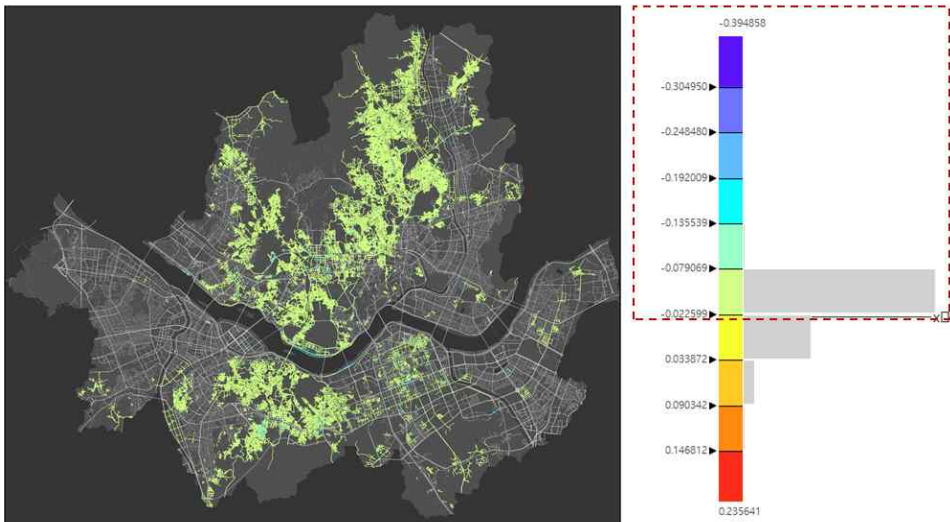
물리적 공간 네트워크 통합도의 최대값은 1.1059, 최소값은 0.2873이고, 사회·물리적 공간 네트워크 통합도의 최대값은 1.1976, 최소값은 0.3321이다. 두 가지 네트워크의 통합도 최대값과 최소값을 볼 때 각각 다소 높아진 것을 확인할 수 있다. 이것은 물리적 공간 네트워크와 사회·물리적 공간 네트워크의 총 노드 개수가 같고, 사회·물리적 공간 네트워크에 사회적 연결인 에지가 추가되었기 때문이다. 그래서 두 가지 네트워크의 통합도 변화를 통해 사회적 공간 네트워크가 통합도 변화에 미치는 양상을 파악해보기 위해서는 두 가지 통합도 값을 정규화(normalization)해줄 필요가 있다. 두 가지 통합도의 정규화 방법은 아래 식 (19)과 같다. 표준화된 통합도 값은 0~1의 값을 얻게 된다.

$$\text{통합도}_{(normalization)} = \frac{\text{통합도} - \text{통합도}_{(min)}}{\text{통합도}_{(max)} - \text{통합도}_{(min)}} \quad (19)$$



[그림 5-52] 사회적 공간 네트워크에 의한 통합도 증감 분포

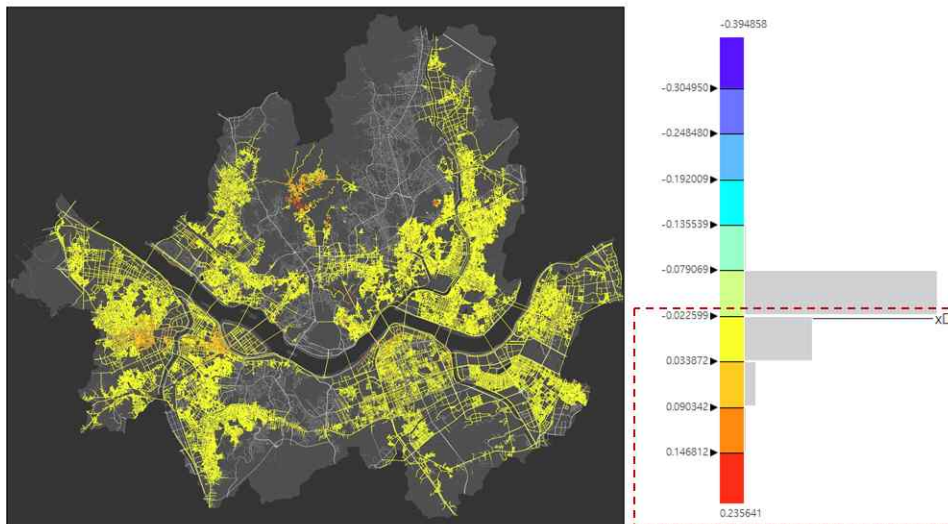
[그림 5-52]는 정규화한 사회·물리적 공간 네트워크 통합도에서 물리적 공간 네트워크 통합도를 뺀 통합도 변화 분포도이다. 사회·물리적 공간 네트워크가 물리적 공간 네트워크에 비해 통합도의 변화가 나타난 것은 사회적 공간 네트워크를 같이 고려해준 결과로 결국은 사회적 공간 네트워크의 영향으로 인한 통합도 증감 분포도라고 볼 수 있다. [그림 5-52]에서 확인할 수 있듯이 사회적 공간 네트워크에 의해 변화된 통합도 최대 증가와 감소 값은 각각 +0.236, -0.395이다. 대체로 통합도가 감소된 지역이 대부분이고, 일부 지역의 통합도는 소폭 증가한 것으로 나타났다.



[그림 5-53] 사회적 공간 네트워크에 의한 통합도 감소 지역

[그림 5-53]은 사회적 공간 네트워크에 의해 통합도가 감소한 지역이다. 다시 말해 사회적 활동에 의해 나타난 지역 사회 활성화 정도의 침체현상이라고 볼 수 있다. 이것은 도시 지역의 사회환경의 쇠퇴를 가리킨다. 도시 쇠퇴는 현대 도시들의 공통적인 문제로 대두되고 있어 그에 대한 평가 지표도 구체화 되어가고 있다. 도시 쇠퇴지역을 평가하는 지표로 복합쇠퇴지수를 적용한다. 복합쇠퇴지수는 인구·사회, 산업·경제, 물리환경 크게 3가지 측면에서 평가한다. 즉 지역 사회·경제

와 물리환경을 보는데 이것은 인간의 사회활동과 물리적 환경 두 가지 측면을 종합 고려하는 방법이라 할 수 있다. 즉 도시 쇠퇴지역을 평가할 때 인간 사회환경과 물리환경 두 가지를 같이 종합해 보는 개념이다.



[그림 5-54] 사회적 공간 네트워크에 의한 통합도 증가 지역

사회적 공간 네트워크의 영향으로 통합도가 증가한 지역은 반대로 인간의 사회활동으로 사회현상이 활성화된 지역이라 할 수 있다. 통합도 증가 지역은 [그림 5-54]와 같다.

본 연구는 사회적 공간 네트워크의 영향에 따른 통합도 증감 지역과 실제 서울시 도시재생계획과 비교해 보고자 한다. 여기서 물리환경 요인인 노후건축물과 사회환경을 반영하는 사회적 공간 네트워크의 영향에 의한 통합도 증감 지역을 같이 종합고려해 보고자 한다.



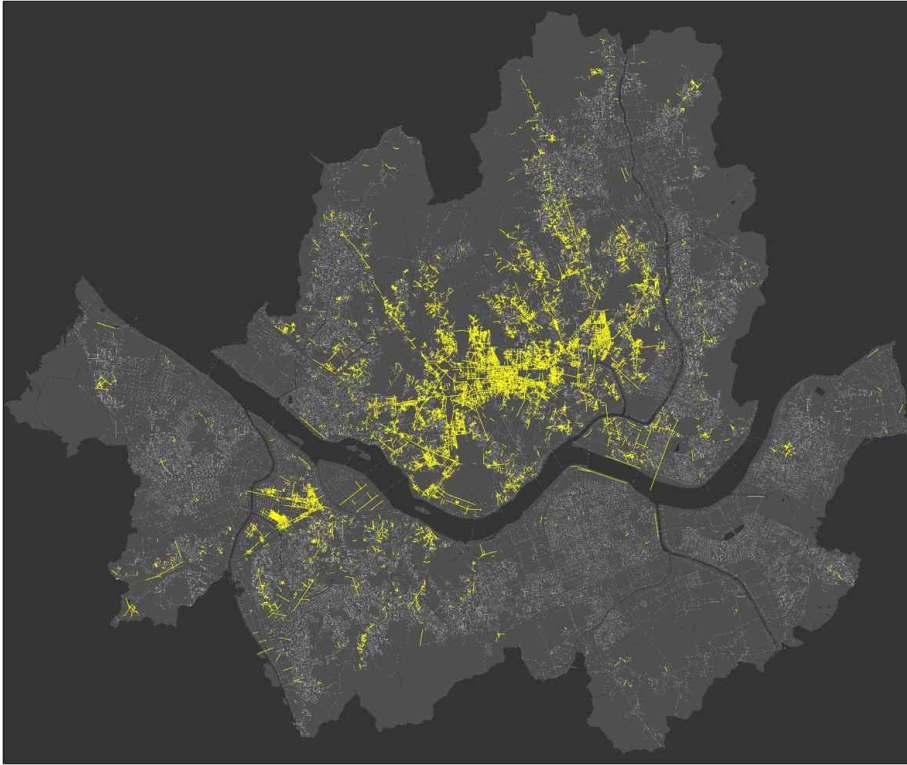
[그림 5-55] 서울시 건물노후도 분포(2018년 기준)
(국토교통부 국가정보포털 : GIS건물통합정보 데이터를 가공한 결과)

서울시 건물노후도의 분포도는 [그림 5-55]와 같이 대체로 강북의 중구와 종로구의 대부분 지역의 건물들이 오래된 건축물들로 밀집되어 있고, 반대로 강남의 강남구와 송파구의 건물들의 건축연령은 낮게 나타났다. 다시 말해 노후 건축물의 분포는 서울 북동쪽에서 남서쪽 방향으로 분포되어 있다.



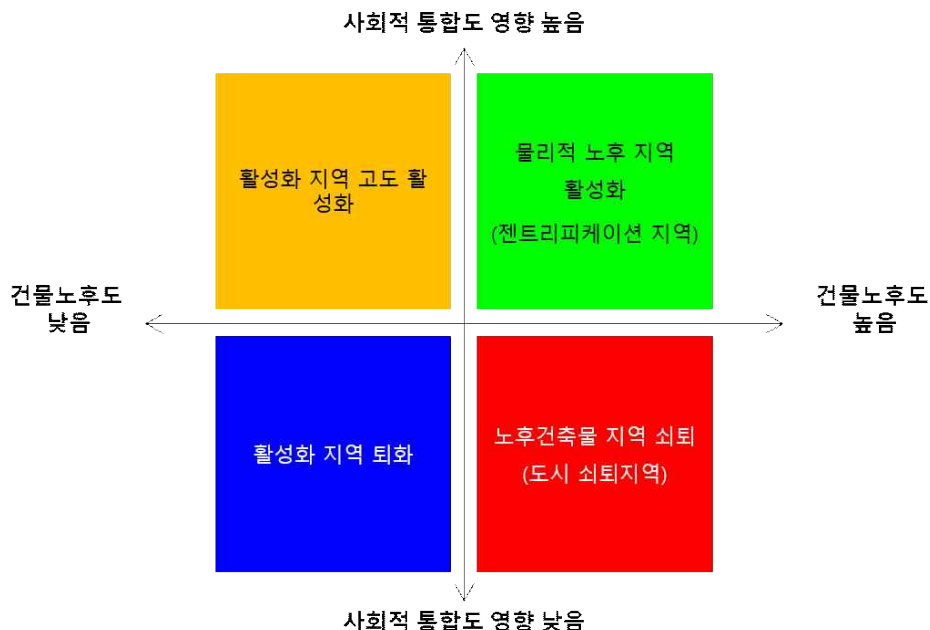
[그림 5-56] 서울시 40년 이상 노후건축물 분포(2018년 기준)
(국토교통부 국가정보포털 : GIS건물통합정보 데이터를 가공한 결과)

2018년 기준 서울시의 40년 이상인 노후건축물의 분포도는 [그림 5-56]과 같이 강남구, 송파구, 강동구를 제외한 대부분 지역에 분포되어 있다. 특히 강북의 전반 지역에 분포되어 모두 분포 되어 있는 것으로 나타났다. 도시의 물리적 환경에서 건축물의 노후도가 지역 쇠퇴의 주된 영향 요인이기도 하다. 특히 강북은 강남에 비해 오랜 시간을 거쳐 점진적으로 발전한 지역인 만큼 오래된 건축물들이 밀집되어 있고, 강남은 도시 신규개발을 통해 급성장한 지역으로서 건물연령이 대체로 낮다. 건물의 노후도로만 봤을 때 서울의 강북지역이 강남에 비해 도시재생사업의 대상이 될 가능성이 높은 것으로 보인다.



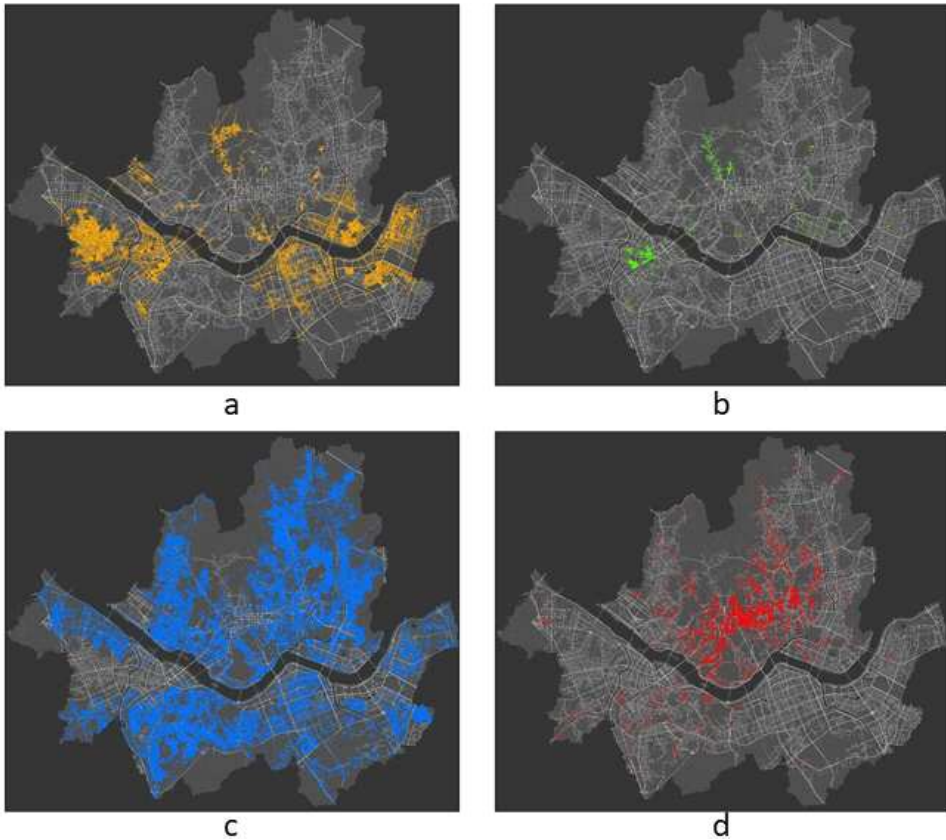
[그림 5-57] 축선도 기준 서울시 40년 이상 노후건축물 분포(2018년 기준)
(국토교통부 국가정보포털 : GIS건물통합정보 데이터를 가공한 결과)

[그림 5-57]은 축선도 기준 서울시 40년 이상 노후건축물의 분포도를 표현한 것이다. 이것은 축선에 면해 있는 건물연령의 평균값으로 작성하였다. 축선도 기준 노후건축물 분포와 실제 노후건축물(그림 5-56)의 분포패턴은 대체로 비슷하지만 부분적인 지역에서 노후건축물들이 분포되어 있지만 축선도 기준으로 한 노후건축물 분포에서는 나타나지 않았다. 이런 결과는 노후건축물이 한 도로(축선)에 집중적으로 밀집되어 있지 않고 여러 도로에 분산되어 있을 경우에 나타난다. 노후건축물의 분포를 건물 기준으로 보는 것보다 도로를 기준으로 보는 것이 더 타당하다고 볼 수 있다. 그 이유는 도시 계획 차원에서 특정 도시 공간을 형성하는 주변의 물리적 환경의 노후도를 보는 것이 더 중요하기 때문이다.



[그림 5-58] 사회적 네트워크의 영향과 건물노후도의 관계 4분할도

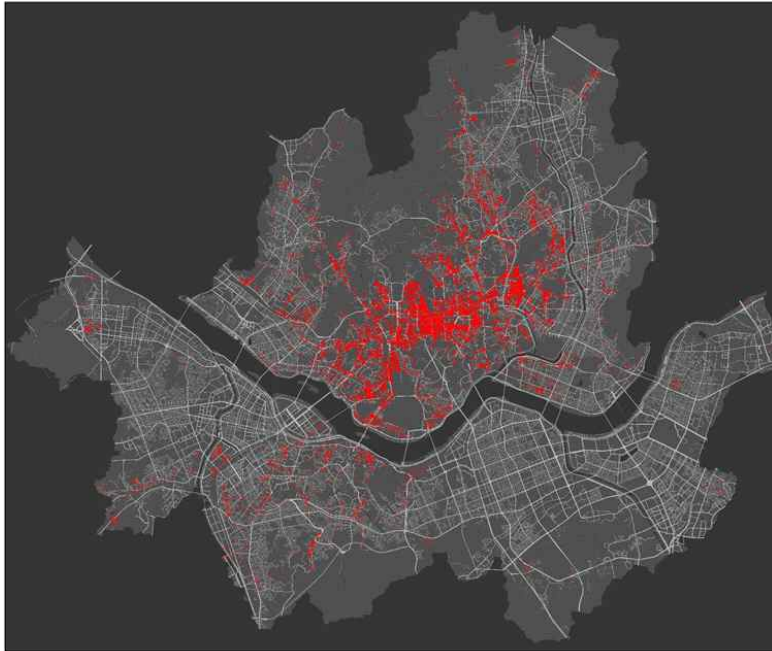
앞서 기술한 바와 같이 사회적 공간 네트워크의 영향으로 통합도 증감 지역과 실제 노후건축물의 분포 지역을 종합 고려해 보기 위해 통합도 증감과 건축물노후 여부를 기준으로 4분할도를 작성하여 사용하고자 한다. [그림 5-58]과 같은 4분할도에서 건물노후도가 높고 낮은 기준은 40년으로 하였고, 통합도 증가 감소 기준은 0을 기준으로 구분하였다. 예를 들어 [그림 5-58]에서 건물노후도가 높고, 통합도가 증가한 지역을 초록색에 해당하는 물리적으로는 쇠퇴된 지역이 사회적으로는 활성화되는 현상으로 젠트리피케이션 현상이 나타나는 지역으로 본다. 그리고 건물노후도가 높고, 통합도가 감소한 지역을 빨간색으로 표현하는데 이런 지역은 물리환경과 사회환경이 같이 쇠퇴되는 지역으로 도시재생사업의 주요 대상지역으로 본다. 4분할도에서 파란색에 해당하는 지역은 물리환경이 좋은 지역에 사회환경이 나빠지는 지역으로 보고, 주황색에 해당하는 지역은 물리환경과 사회환경이 모두 좋은 지역으로 본다.



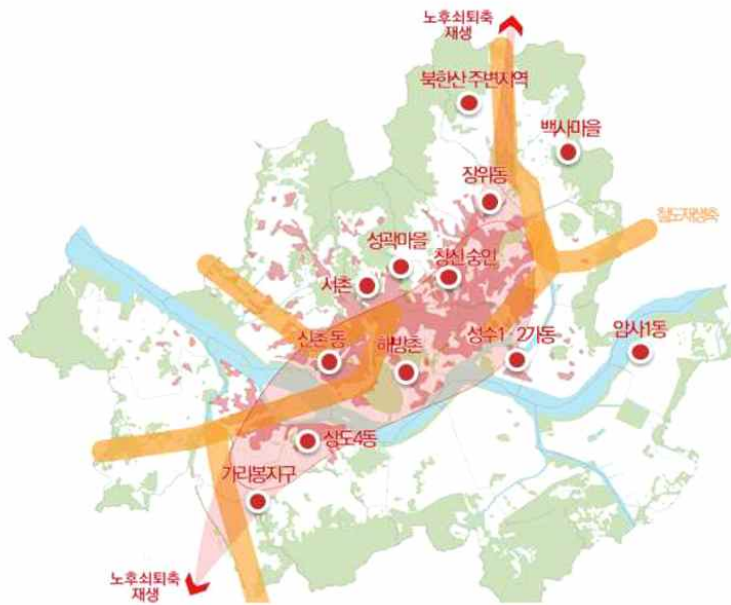
[그림 5-59] 사회적 네트워크의 영향과 건물노후도의 관계 4분할도 분석결과

- a. 물리환경과 사회환경이 모두 좋은 지역,
- b. 물리환경이 나쁘고 사회환경이 개선되는 지역,
- c. 물리환경이 좋은데 사회환경이 퇴화되는 지역,
- d. 물리환경과 사회환경이 모두 쇠퇴한 지역

[그림 5-59]에서 서울시의 대부분 지역은 물리환경과 사회환경이 모두 좋은 지역 혹은 물리환경이 좋은데 사회환경이 퇴화되는 지역으로 나타났다(그림 5-59, a, c). 반면 극소수 지역은 물리환경이 나쁘고 사회환경이 개선되는 지역으로 나타나고 있는데 이것은 도시 곳곳에서 나타나고 있는 젠트리피케이션 현상이 발생하는 지역과 유사할 것으로 추측해 볼 수 있다(그림 5-59, b). 이 부분에 관해서는 뒤에서 실제 서울시 젠트리피케이션 발생지역과 비교해 보고자 한다. 그리고 강북의 대부분 지역과 강남의 일부 지역이 물리환경과 사회환경이 모두 쇠퇴되는 지역으로 나타났다(그림 5-59, d).



[그림 5-60] 물리환경과 사회환경이 모두 퇴화되는 지역



[그림 5-61] 서울시 실제 도시재생 노후쇠퇴지역 재생계획
(2025 서울시 도시재생전략계획, 2015)

[그림 5-60]과 같이 물리환경과 사회환경이 모두 퇴화되는 지역의 분포도를 보면 실제로 서울시에서 수립한 도시재생 전략계획에서 물리환경이 퇴화되고 기타 인구·사회와 산업·경제가 퇴화되는 지역이 겹치는 지역을 도시 노후쇠퇴 지역으로 하는 노후쇠퇴 축(그림 5-61)과 유사한 패턴을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 이것은 본 연구에서 분석한 사회·물리적 공간 네트워크에서 사회적 공간 네트워크의 영향이 실제 도시현황을 어느 정도 반영해주고 있음을 시사해줄 수 있다.



[그림 5-62] 물리환경이 퇴화되고 사회환경 활성화되는 지역

서울시 노후건축물이 밀집되어 있는 지역이면서 통합도가 증가한 지역이 [그림 5-62]와 같다. 이런 지역은 물리적으로 노후화 되었지만 인간의 사회활동으로 지역사회가 활성화된 지역이라 볼 수 있는데, 이는 현재 도시의 또 다른 문제점으로 대두되고 있는 젠트리피케이션 현상이 일어나는 지역과 유사하다. 그래서 실제로 물리적 건물의 노후도가 높은 지역임에도 불구하고 통합도가 증가한 지역과 실제로 젠트리피케이션 발생지역과 비교해 보고자 한다. [그림 5-63]은 서울시 과거, 현재, 미래에 젠트리피케이션(Gentrification)⁶⁹⁾ 현상이 일어났거나, 일어날 가능

성이 있는 지역들의 분포이다.



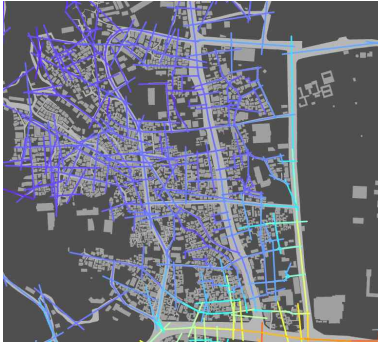
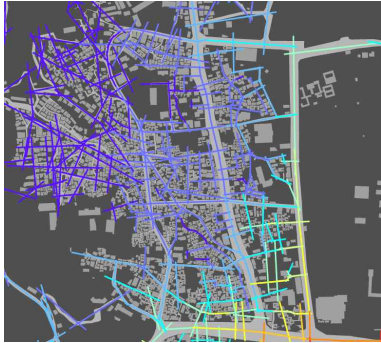


[그림 5-63] 물리환경이 퇴화되고 사회환경 활성화되는 지역과 젠트리피케이션 발생 혹은 예상 지역(젠트리피케이션 발생지 : 서울시 젠트리피케이션 종합대책 (2015) 및 윤윤채 외 1인(2016) 내용 종합하여 재편집)

[그림 5-63]에서 사회적 공간 네트워크에 의한 통합도 증가되고 건물노후도가 높은 지역이 실제 젠트리피케이션 발생지역 혹은 예상지역들과 대체로 일치한 것으로 나타났다. 특히 서촌-삼청동-성곽마을, 문래동 등 젠트리피케이션 발생 혹은 예상 지역과 일치한 것으로 나타났다. 이 외에 연남동-홍대-신촌, 성수동, 이태원-경리단길-해방촌, 압구정로데오, 가로수길과 같은 젠트리피케이션 발생지역은 Foursquare 데이터를 활용한 사회·물리적 공간 네트워크 분석결과에서는 반영되지 않았다. 이러한 젠트리피케이션 실제 혹은 예상 발생지역이 반영되지 않은 지역들은 본 연구에서 사용한 LBSN 데이터의 국한성과 젠트리피케이션 현상

69) 젠트리피케이션(Gentrification)은 도시 환경이 변하면서 중·상류층이 도심의 낙후된 지역으로 유입되고 이로 인해 지가, 임대료 등이 상승하면서 비싼 월세 등을 감당할 수 없는 원주민 등이 다른 곳으로 밀려나는 현상을 가리킨다. 1964년 영국의 사회학자 루스 글래스(R. Glass)가 노동자들의 거주지에 중산층이 이주 해오면서 지역 전체의 구성과 성격이 변하는 것을 설명하면서 처음 사용되었다.(서울시 젠트리피케이션 종합대책에서 인용)

을 유발하는 다른 요인의 작용으로 나타난 결과로 추측해 볼 수 있다. 또한 물리적 공간 네트워크의 통합도가 낮았던 지역이 사회적 공간 네트워크의 영향(인간 사회활동의 영향)으로 통합도가 높아진 지역들이 젠트리피케이션 주요 발생지로 나타날 수도 있다. 특히 서촌과 삼청동 지역이 대표적으로 물리적 공간 네트워크에서 통합도가 낮았던 것이 사회적 공간 네트워크의 영향으로 통합도가 높아진 지역이다.

[표 5-11] 사회적 공간 네트워크의 영향으로 낮았던 통합도가 높아진 지역

	물리적 공간 네트워크	사회·물리적 공간 네트워크
서촌		
삼청동		

본 연구에서 제안한 사회적 공간 네트워크의 영향으로 인한 통합도의 증가와 실제 노후건축물 밀집지역을 중합해서 젠트리피케이션 발생지 혹은 예상지역을 진단하는 방법으로 성곽마을과 같은 젠트리피케이션 예상 발생지와 기타 많은 젠트리피케이션 발생 지역을 찾아냈다는 점에서 일정한 효력이 있음을 시사한다.

[그림 5-61]에서 실제 젠트리피케이션이 발생한 지역 외에도 많은 지역에서 노후 건축물이 밀집되어 있지만 사회환경이 개선되고 있다. 이러한 지역들은 아직 실제로 젠트리피케이션 현상이 발생하지 않고 있으나 이후에 발생할 가능성이 있는 지역으로 볼 수 있다. 그러나 젠트리피케이션이 발생하려면 본 연구에서 고려한 노후건축물의 밀집도와 사회적 통합도 외에도 지가와 같은 기타 유발 요인에 대한 추가 검토도 같이 병행되어야 할 것으로 판단된다.⁷⁰⁾

사회적 공간 네트워크의 영향으로 통합도가 증감된 지역의 특성을 실제 도시현황과 비교분석한 결과를 아래와 같이 종합해 볼 수 있다. 첫째, 물리환경이 퇴화된 지역에 통합도가 감소하면 대체로 도시쇠퇴지역으로 나타났다. 둘째, 물리환경이 퇴화된 지역에 통합도가 증가하면 쇠퇴된 지역에 사람들의 사회활동으로 인해 활성화되면서 대체로 젠트리피케이션 발생지역 혹은 예상지역으로 나타났다.

5.6. 소 결

본 장에서는 서울시 행정구역을 연구 범위로 도시 공간분석을 위해 기존의 일반 축선도, 지상·지하 공간 네트워크, 축선도와 사회적 공간 네트워크를 통합시킨 사회·물리적 공간 네트워크, 그리고 지상·지하 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크를 통합시킨 사회·물리적 공간 네트워크를 각각 구축하였다. 여기서 사회적 공간 네트워크는 Foursquare 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network) 데이터를 기반으로 장소와 장소의 연결 네트워크를 구축하여 사용하였다.

도시 공간분석에 적용된 지표로는 공간구분론의 지표인 통합도를 적용하였다. 여기서 사회적 공간 네트워크가 유향 그래프(네트워크)란 특성과 사회적 연결이 물리적 연결에 비해 약한 특성을 반영하여 가중치를 고려한 유향(directed) 네트워크 통합도를 산출하였다.

70) 젠트리피케이션은 건축물의 용도, 종류 및 규모, 그리고 건폐율 또는 용적률 등 물리적 환경 요인들의 영향을 받을 수 있다. 이를 억제하기 위한 서울시 젠트리피케이션 관련 지구단위계획 가이드라인에서 대규모 판매시설과 프랜차이즈의 입지규제, 지정·권장용도 도입, 기부채납 시설물을 앵커시설로 활용, 리모델링활성화 유도, 음식점 옥외영업 허용 등을 지원하고 있다. 이에 관한 자세한 내용은 서울시 젠트리피케이션 종합대책 (2015)을 참조.

실제 유동인구와 상관관계를 살펴본 결과 지상·지하 공간 네트워크는 기존의 물리적 공간 네트워크에 비해 높은 설명력을 보였고, 사회적 공간 네트워크를 통합 시킨 사회·물리적 공간 네트워크의 설명력은 단순 물리적 공간 네트워크(축선도, 지상·지하 공간 네트워크)에 비해 조금 개선된 설명력을 보였다.

또한 사회적 공간 네트워크에 의해 통합도가 증감된 지역과 실제 물리적 노후 건축물의 분포 지역을 같이 보았을 때 아래와 같은 도시 지역 특성과 일치한 것으로 나타났다. 첫째, 물리적으로 노후화된 지역에 통합도가 감소하면 도시쇠퇴지역으로 나타났다. 둘째, 물리적으로 노후화된 지역에 통합도가 증가하면 낙후된 지역에 사람들의 사회활동으로 인해 활성화되면서 젠트리피케이션 발생지역 혹은 예상지역으로 나타났다. 이와 같은 논리에서 물리적으로 노후화되지 않은 지역에 통합도 감소된 지역은 활성화된 지역이 퇴화되고, 통합도가 증가된 지역은 활성화된 지역이 고도 활성화된다고 짐작해볼 수 있다.

이상과 같은 결과로부터 도시 인구이동패턴이 기존의 물리적 공간 네트워크 외에 사회적 공간 네트워크의 영향도 같이 받고 있음을 보여준다. 본 연구에서 적용한 사회적 공간 네트워크는 Foursquare라는 하나의 위치 기반 소셜 네트워크 서비스의 데이터로만 분석한 결과임에도 불구하고 이런 결과를 보였다는 것은 복잡한 도시 환경에서의 지역 사회현상은 단순 물리적 환경뿐만 아니라 가상공간 상의 위치(장소)를 기반으로 하는 소셜 네트워크의 작용도 같이 받고 있음을 시사한다.

6. 결 론

6.1. 연구의 요약

6.2. 연구의 의의 및 한계

6.1. 연구의 요약

공간구문론(Space Syntax)은 물리적 공간분석을 통해 그 안에 내재된 사회구조를 해석하기 위한 도구로서 사회구조(Social Structure)가 물리적 공간구조(Spatial Structure)의 통제를 받고 있음을 전제로 한다. 그러나 현대 도시에서 물리적 공간구조(가로망 체계)에 변화가 없어도 도시의 지역 사회구조는 짧은 기간 내에 큰 변화를 보이고 있다. 이러한 역동적인 도시 지역 사회구조의 변화에는 물리적 공간 네트워크의 영향 외에 또 다른 영향 요인이 존재함을 시사한다. 그래서 많은 관련 연구자들은 공간구문론의 이러한 문제점을 해소하기 위해 물리적 공간 네트워크에 인간 이동행태에 영향을 미치는 물리적 환경요인을 가중치로 반영해주는 시도들이 많았다. 그러나 물리적 공간 네트워크에 가중치로 도입되는 물리적 환경요인들도 정적(靜態)인 특성을 갖고 있어 다이내믹한 현대 도시 지역 사회구조를 설명하는 데 한계를 보인다. 최근 들어 많은 도시 관련 연구자들은 도시 지역 사회현상을 분석하기 위해 위치 기반 소셜 네트워크(Location Based Social Network) 빅 데이터(Big Data)에 주목하기 시작하였다. 사람들이 방문한 장소에 관한 정보를 기록하여 소셜 미디어에 공유함으로써 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터가 형성되면서 개개인이 선호하는 맞춤형 장소를 추천해주는 것이 가능해졌다. 지금 현대 도시인은 위치 기반 소셜 네트워크 빅 데이터를 통해 추천된 맞춤형 장소로 이동하게 되는 경우가 많다. 이렇게 현대 도시인의 이동행태는 물리적 공간 외에 가상공간(Internet)의 영향도 같이 받고 있다.

이러한 맥락에서 본 연구는 다이내믹한 도시 공간분석을 위해 정적(靜態)인 물리적 공간 네트워크와 인간의 이동패턴에서 도출된 장소와 장소의 동적(動態)인 사회적 공간 네트워크를 통합시킨 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network)를 제안하였다. 사회·물리적 공간 네트워크(Socio-Physical Spatial Network) 구축 방법은 물리적 공간 네트워크(Physical Spatial Network)와 사회적 공간 네트워크(Social Spatial Network)를 각각 따로 구축하여 통합시켰다. 물리적 공간 네트워크는 지상 도로망을 기준으로 하는 지상 공간 네트워크와 지하철선로망을 기준으로 하는 지하 공간 네트워크를 통합시킨 지상·지하 공간 네트워크(Ground-Underground Spatial Network)를 제안하였다. 사회적 공간 네트워크는 LBSN Service의 대표 기업인 Foursquare의 LBSN Big Data를 수집,

가공, 정제하여 특정 장소와 장소 사이의 실제 이동경로패턴을 도출하여 네트워크화 하였다. 이렇게 구축된 물리적 공간 네트워크와 사회적 공간 네트워크를 다중 네트워크(Multi-Network) 개념으로 통합시켜 사회·물리적 공간 네트워크를 구축하였다.

본 연구에서 제안하는 사회·물리적 공간 네트워크를 검증하기 위해 서울시 행정구역을 분석 대상으로 도시 공간분석을 실시하였다. 도시 공간분석결과와 실제 유동인구를 회귀분석한 결과 기존 물리적 공간 네트워크에 비해 높은 설명력을 보이는 것으로 확인되었다. 또한 물리적인 건축물노후도가 밀집되어 있는 지역과 사회적 공간 네트워크의 영향으로 통합도가 낮아진 지역이 겹치는 지역이 도시쇠퇴지역으로 나타났고, 통합도가 높아진 지역은 젠트리피케이션(Gentrification) 발생지역으로 나타났다.

6.2. 연구의 의의 및 한계

본 연구는 기존 공간구문론에서 주장하는 사회구조와 물리적 공간구조의 영향관계로는 현대 도시의 다이내믹한 지역 사회현상을 설명하는데 한계점이 있음을 지적하였다. 현대 도시의 다이내믹한 지역 사회현상을 만들어 내는 인간의 사회활동에 주목하여, 현대 사회에서 인간의 사회활동에 큰 영향을 미치는 소셜 미디어가 실제 인간이동행태에 미치는 영향에서 실마리를 찾았다. LBSN Big Data로부터 구축한 사회적 공간 네트워크가 보이지는 않지만 실제로 존재한다는 사실을 확인했다는 점 큰 의의를 둔다. 이는 도시계획설계에서 단순 물리적 공간구조를 통해 계획할 것이 아니라 소프트웨어적인 도시 안에 내재된 사회적 공간들 사이의 네트워크(도시 지역들 사이의 사회적 관계)도 같이 고려해줘야 함을 시사해 준다. 또한 본 연구는 다이내믹하게 변화하는 도시 지역 사회현상을 정적인 물리 공간으로 설명하기 어려웠던 공간구문론의 한계를 해소하기 위한 연구방향을 제시해줬다는 점에 의의를 둔다. LBSN Big Data는 지금도 계속해서 빠른 속도로 많은 양이 쌓이고 있어, 도시계획설계에 이와 같은 도시 관련 빅 데이터를 활용한 보다 스마트한 도시계획설계를 할 수 있는 가능성을 보여주었다.

본 연구에서는 Foursquare LBSN Big Data만 수집하여 사용하였다. 그리고

Foursquare의 사용자 구성으로 봤을 때 대체로 젊은 사람들이 큰 비중을 차지하고 있어 앞으로 LBSN Big Data를 활용하는 데 있어서 Foursquare 외에 기타 LBSN Service Data도 같이 고려하면 보다 더 좋은 연구 결과가 있을 것으로 보인다. 또한 본 연구에서는 서울시 한 개 도시에 대한 분석을 통해 검증하였다. 향후 보다 더 많은 분석 대상지에 적용하여 본 연구에서 제안한 방법론의 객관성을 검증할 필요가 있다. 끝으로 사회적 공간 네트워크에서 에지(edge)의 연결 가중치를 설정하는 데 있어 앞으로 보다 광범위한 검토가 있어야 할 것이다.

참 고 문 헌

단행본 및 보고서

- Barabasi, A. (2002). *Linked: The New Science of Networks*. Perseus.
- Chapin, F. Stuart Jr. & Edward J. Kaiser. (1979). *Urban Land Use Planning*, Chicago : Univ. of Illinois Press.
- Edmonds, B. (2006). How Are Physical and Social Spaces Related? - Cognitive Agents as the Necessary “Glue”, Agent-Based Computational Modelling: Applications in Demography, Social, Economic and Environmental Sciences. F. C. Billari, T. Fent, A. Prskawetz and J. Scheffran. Heidelberg, Physica-Verlag HD: 195-214.
- Gordon, E. (2011). *Net locality : why location matters in a networked world* / Eric Gordon and Adriana de Souza e Silva. Chichester, West Sussex: Chichester, West Sussex : Wiley-Blackwell.
- Hilary. (2015). *Centrality measures in multilayer networks*. MMath BE Extended Essay. UNIVERSITY OF OXFORD.
- Hillier, B. and Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*, London: Cambridge University Press.
- Hillier, B. (2007). *Space is the machine: A configurational theory of architecture*. London: Space Syntax.
- Jennifer Golbeck. (2015). *Introduction to Social Media Investigation*. Elsevier. ISBN: 978-0-12-801656-5.
- Lynch, K. (1960). *A Image of the City*. Cambridge [Mass.], MIT Press.
- Relph, Edward. (1985). “Geographical experiences and being-in-the-world.” In *Dwelling, Place and Environment*, The Netherlands: Martinus Nijhoff, pp.15-31.
- Trancik, Roger. (1986). *Finding Lost Space*, New York: Van Nostrand Reinhold Co. Inc.
- Tuan, Yi-Fu. (1979). *Space and Place*, Minneapolis: University of Minnesota.
- Zheng, Y. (2011). Location-based social networks: Users. In *Computing with Spatial Trajectories*, Zheng, Y and Zhou, X, Eds. New York, Springer.
- C. Norberg-Schulz, 김광현 역. (1991). 「실존·공간·건축」, 태림문화사.
- 구형수, 김태환, 이승욱. (2017). 지방 인구절벽 시대의 ‘축소도시’ 문제, 도시 다이어트로 극복하자. 국토정책 Brief.
- 김인희, 이성창, 김상일. (2012). 서울시 상업지역의 밀도 및 용도의 차등 관리방안. 서울연구원 정책과제연구보고서, 1-135.
- 김형국. (1997). *한국공간구조론*. 서울대학교 출판부.
- 노춘희. (1996). *도시학개론*. 형설출판사.
- 서울특별시 기획조정실. (2015). *서울시 제트리피케이션 종합대책(보고서)*.
- 오택섭, 강현두, 최정호. (2003). *미디어와 정보사회*. 서울: 나남.
- 최윤경. (2003). *7개의 키워드로 읽는 사회와 건축공간*. 시공문화사.
- 황용주. (1983). *도시계획원론*. 녹원.

학위논문

- 김민석. (2010). 복잡계로서의 건축·도시 공간에 관한 연구: 공간 네트워크와 공간 지각·행태 체계를 중심으로. 국내박사학위논문, 서울대학교 대학원.
- 권수정. (2014). 전유를 통한 공유 사회적 공간의 생산을 통한 장수마을 재생계획. 국내석사학위논문, 건국대학교 건축전문대학원, 건축설계학과.
- 문선경. (2009). 유비쿼터스 환경에서의 물리적 공간 제어를 위한 인터페이스에 관한 연구. 국내석사학위논문, 서울시립대학교 디자인전문대학원 디지털스페이스 디자인 전공.
- 박순매. (2008). 공간구문론 단위공간분질의 개선방안 포위평형이론의 적용과 집합주택공간 분석을 중심으로, 이화여자대학교 석사학위논문.
- 이종렬. (2009). 접근성에 기반한 공간구조 분석 모델에 관한 연구, 국민대학교 대학원, 박사학위논문.
- 임현식. (2002). Space Syntax를 활용한 보행공간체계 분석에 관한 연구, 세종대학교 석사학위논문.
- 정영환. (2007). 大規模 開發에 따른 都市空間의 構造的 特性 變化에 關한 研究. 박사학위논문.
- 조형규. (2006). 공간구조 분석을 위한 각도가중 ERAM 모델의 구축 및 적용. 국내박사학위논문, 서울대학교 대학원.

학회논문 및 정기간행물

- Agryzkov, T., Marti, P., Nolasco-Cirugeda, A., Serrano-Estrada, L., Tortosa, L. & F.Vicent. J. (2016). Analysing successful public spaces in an urban street network using data from the social networks Foursquare and Twitter. *Applied Network Science* 1(1): 12.
- Alexander, C. (1965). A City is not a Tree, *Architectural Forum*, 122.
- Bao, J., Zheng, Y., Wilkie, D., & Mokbel, M. (2015). Recommendations in location-based social networks: a survey. *Geoinformatica*, 19(3), 525-565. doi:10.1007/s10707-014-0220-8
- Barabási, A., Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286.
- Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *Journal of Mathematical Sociology*, Vol.2: 113-120.
- Boyd, D. M., & Ellison, N. B. (2007). Social network sites: Definition, history, and scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(1), 210-230. doi:10.1111/j.1083-6101.2007.00393.x
- Cho E, Myers SA & Leskovec J (2011) Friendship and mobility: User movement in location-based social networks. In *Proceedings of the 17th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, San Diego, CA, USA, 21 - 24 August 2011, pp. 1082 - 1090. New York, NY, USA: ACM.
- Cranshaw, J., Schwartz, R., Hong, J. I., & Sadeh, N. (2012). The livelihoods project: Utilizing social media to understand the dynamics of a city.

- D. Arribas-Bel. (2014). Accidental, open and everywhere: Emerging data sources for the understanding of cities. *Applied Geography*, Vol.49, pp. 45-53.
- Dalton, N. C., Peponis, J., Conroy Dalton, R., To tame a TIGER one has to know its nature: Extending weighted angular integration analysis to the description of GIS road-centerline data for large scale urban analysis, *Proceedings of the 4th International Symposium on Space Syntax*, 2003.
- Evans, L. (2014). Maps as Deep: Reading the Code of Location-Based Social Networks. *Ieee Technology and Society Magazine*, 33(1), 73-80. doi:10.1109/Mts.2014.2301858
- Figueiredo, L., Amorim, L., Continuity lines in the axial system, *Proceedings of the 5th International Space Syntax Symposium*, 2005.
- Jiang, B. & Claramunt, C., Integration of Space Syntax into GIS: New Perspectives for Urban Morphology, *Transactions in GIS*, 6(3), 2002.
- Jiang, B. & Claramunt, C., Topological Analysis of Urban Street Networks, *Environment and Planning B*, 31(1), 2004.
- Jiang, B., Zhao, S., Yin, J. Self-organized Natural Roads for Predicting Traffic Flow: A Sensitivity Study, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008.7.
- Jiang, B. Ranking spaces for predicting human movement in an urban environment. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol.23, No.7, 2009, 823-837.
- Kim, Y. (2009). 7th International Space Syntax Symposium , *Review of Architecture and Building Science*, 53(8), 97-98.
- Li, Q., Zheng, Y., Xie, X., Chen, Y., Liu, W., & Ma, W.-Y. (2008). Mining user similarity based on location history. Paper presented at the *Proceedings of the 16th ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems*, Irvine, California.
- Liu, H., Wei, L.-Y., Zheng, Y., Schneider, M., & Peng, W.-C. (2011). Route discovery from mining uncertain trajectories. Paper presented at the *Data Mining Workshops (ICDMW), 2011 IEEE 11th International Conference on*.
- Liu X. and Jiang B. (2012), Defining and generating axial lines from street center lines for better understanding of urban morphologies, *International Journal of Geographical Information Science*, 26(8), 1521-1532.
- M. Hardey. (2007). The city in the age of Web 2.0: A new synergistic relationship between place and people *Information. Communication & Society*, Vol.10, No.6, pp. 867-884.
- M. Kivela, A. Arenas, M. Barthélemy, J. P. Gleeson, Y. Moreno and M. A. Porter. (2004). 'Multilayer networks'. *J. Complex Netw.* 2. no.3.
- Mario Kruger, Andrea Pera Vieira. (2012). Scaling relative asymmetry in space syntax analysis. *The Journal of Space Syntax*. volume: 3 issue: 2.
- Milgram, S. (1967). The Small World Problem, *Psychology Today*, 2.
- Jin, P. J., Cebalak, M., Yang, F., Zhang, J., Walton, C. M., & Ran, B. (2014). Location-Based Social Networking Data Exploration into Use of Doubly Constrained Gravity Model for Origin-Destination Estimation. *Transportation Research Record*(2430), 72-82. doi:10.3141/2430-08

- Kim, M. & Piao, G. (2017). A Study on the Applying Concept of Metric Weighting to Space Syntax, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol.16 No.3.
- Kruger, M. J. T. (1979a). An Approach to Built Form Connectivity at an Urban Scale: System Description and Its Representation, *Environment and Planning B*, 6.
- Penn, A., Hillier, B., Banister, D., Xu, J., Configurational modelling of urban movement networks, *Journal Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol.25, p.p.59~84, 1998
- Qia, X. Q., Su, J. C., Zhang, J. S., Xu, W. L., Wu, B. D., Xue, S. D., & Chen, J. L. (2014). Recommending Friends Instantly in Location-based Mobile Social Networks. *China Communications*, 11(2), 109-127.
- R. Reed. (2014). The SoLoMo Manifesto or just about everything marketers need to know about the convergence of social, local and mobile, In: *MOMENTFEED* (ed.).
- Roick, O., & Heuser, S. (2013). Location Based Social Networks – Definition, Current State of the Art and Research Agenda. *Transactions in Gis*, 17(5), 763-784. doi:10.1111/tgis.12032
- Sergey Brin and Lawrence Page. 1998. The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine. *Comput. Netw. ISDN Syst.* 30, 107-117.
- Silva, A. D. E., & Frith, J. (2010). Locative Mobile Social Networks: Mapping Communication and Location in Urban Spaces. *Mobilities*, 5(4), 485-505. doi:10.1080/17450101.2010.510332
- Sun, Y., Fan, H., Li, M. & Zipf, A. (2016). "Identifying the city center using human travel flows generated from location-based social networking data." *Environment and Planning B: Planning and Design* 43(3): 480-498.
- Sui, D., & Goodchild, M. (2011). The convergence of GIS and social media: challenges for GIScience. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(11), 1737-1748. doi:10.1080/13658816.2011.604636
- Taylor Shelton, Ate Poorthuis, Matthew Zook. (2015). Social media and the city: Rethinking urban socio-spatial inequality using user-generated geographic information. *Landscape and Urban Planning*, Vol.142, pp.198-211.
- Turner, B., Penn, A., Making isovists syntactic: isovist integration analysis, the 2nd International Symposium on Space Syntax, 1999
- Turner, B. (2001). Angular Analysis : A Method for the Quantification of Space, Centre for Advanced Spatial Analysis, Working Paper Series, Paper 23, 2000
- Turner, B., Angular Analysis, Proceedings. 3rd International Space Syntax Symposium Atlanta.
- Turner, B., Doxa, M., O'Sullivan, D., Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space, *Journal Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol.28, p.p. 103~121.
- V. Frias-Martinez, E. Frias-Martinez. (2014). Spectral Clustering for Sensing Urban Land Use using Twitter Activity. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 35. pp. 237 - 245.
- Vincent D Blondel, Jean-Loup Guillaume, Renaud Lambiotte, Etienne Lefebvre. (2008).

- Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 10.
- Watts, D. J., Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks, *Nature*, 393.
- Wei, L.-Y., Zheng, Y., & Peng, W.-C. (2012). Constructing popular routes from uncertain trajectories. Paper presented at the Proceedings of the 18th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining.
- Xiao, X., Zheng, Y., Luo, Q., & Xie, X. (2010). Finding similar users using category-based location history. Paper presented at the Proceedings of the 18th SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, San Jose, California.
- Yang, F., Jin, P. J., Cheng, Y., Zhang, J., & Ran, B. (2015). Origin-Destination Estimation for Non-Commuting Trips Using Location-Based Social Networking Data. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9(8), 551-564. doi:10.1080/15568318.2013.826312
- Zheng, V. W., Cao, B., Zheng, Y., Xie, X., & Yang, Q. (2010). Collaborative Filtering Meets Mobile Recommendation: A User-Centered Approach. Paper presented at the AAAI.
- Zhang, W., Derudder, B., Wang, J., Shen, W. & Witlox, F. (2016). Using Location-Based Social Media to Chart the Patterns of People Moving between Cities: The Case of Weibo-Users in the Yangtze River Delta. *Journal of Urban Technology* 23(3): 91-111.
- Zheng, Y., Zhang, L., Xie, X., & Ma, W.-Y. (2009). Mining interesting locations and travel sequences from GPS trajectories. Paper presented at the Proceedings of the 18th international conference on World wide web.
- Zheng, V. W., Zheng, Y., Xie, X., & Yang, Q. (2010). Collaborative location and activity recommendations with gps history data. Paper presented at the Proceedings of the 19th international conference on World wide web.
- Zheng, Y., & Xie, X. (2010). Learning location correlation from gps trajectories. Paper presented at the Mobile Data Management (MDM), 2010 Eleventh International Conference on.
- Zheng, Y., & Xie, X. (2011). Learning travel recommendations from user-generated GPS traces. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 2(1), 2.
- Zheng, Y., Zhang, L., Ma, Z., Xie, X., & Ma, W.-Y. (2011). Recommending friends and locations based on individual location history. *ACM Transactions on the Web (TWEB)*, 5(1), 5.
- Zheng, Y. (2012). Tutorial on Location-Based Social Networks. proceeding of the 21st International conference on World Wide Web.
- 강병남. (2003). 물리학계에서 바라본 네트워크 연구, 한국이론사회학회 가을 학술회의 발표 논문집.
- 강효정, 최제필. (2007). 공간분석이론을 활용한 국립아시아문화전당 건립 후 광주 구도심의 공간구조 변화 예측, 대한건축학회논문집(계획계), v.23, n.6, pp.229-236.
- 김길수. (1996). 도시공간구조에 관한 이론적 연구. *全北行政學報*, 第10輯.

- 김영우, 김민석. (2016). 광주광역시 제2순환도로에 의한 도시공간구조의 변화 연구: 공간구문론 활용을 중심으로, 대한건축학회(계획계), v.18, n.1, pp.59-67.
- 김영욱. (2003). Space Syntax를 활용한 공간구조속성과 공간사용패턴의 상호관련성 연구, 국토계획, v.38, n.4, pp.7-17.
- 김민석, 김영우. (2014). 북한대교 건립 전후 부산지역 도시공간구조 변화에 관한 연구, 대한건축학회(계획계), v.30, n.5, pp.203-210.
- 김민석, 변나향. (2016). 공간구문론을 활용한 청주시내 택지개발지구의 거주적합성 비교연구: 택지개발지구의 접근성 분석을 중심으로, 대한건축학회연합논문집, v.18, n.5, pp.115-123.
- 김주일, 노서영. (2011). 재개발에 따른 가로망 변화가 도시 가로체계 구성에 미치는 영향에 관한 연구: 대전 원도심부 도심재정비에 따른 가로 통합도 변화 분석을 중심으로, 한국도시계획학회지, v.2, n.2, pp.151-164.
- 공은미, 김영욱, 신행우. (2009). 도시성장에 따른 도시 공간구조 및 기능변화에 관한 연구, 도시설계, v.10, n.3, pp.19-32.
- 구자용. (2015). 공간정보 빅 데이터의 지도화와 공간적 분포 특성에 관한 연구 - 서울시 지역의 트윗 데이터를 사례로. 국토지리학회지, 49(3), 349-360.
- 구자용. (2016). 위치기반 소셜 네트워크 데이터를 이용한 서울시 상업공간 분포특성 연구. 국토지리학회지, 50(4), 491-502.
- 박근송. (2013). 공간 내 통행량 추정을 위한 통로의 길이와 연결각도를 동시에 고려한 공간 깊이 분석척도 개발. 대한건축학회 계획계, 29(9), 51-58.
- 박근송, 김민석, 최재필. (2014). ERAM 모델의 거리가중치 도입 및 적용에 관한 연구. 대한건축학회 계획계, 30(12), 119-126.
- 박근송, 김민석. (2016). ERAM 모델에의 거리 및 각도 가중치 통합 적용에 관한 연구. 대한건축학회 계획계, 32(1), 33-40.
- 박근송, 최재필. (2018). 도시 공간분석을 위한 지상·지하 공간 네트워크. 대한건축학회 계획계, 34(4).
- 박수민, 길용민, 박성욱, 이경민, 정창무. (2015). 도로 축선의 통합도가 상업점포입지에 미치는 영향 연구, 서울도시연구, v.16, n.3, pp.37-52.
- 박순매, 김마리, 윤재신. (2018). 건축 평면에서 공간 분석 이론의 단위 공간 분절 방식에 대한 비교 연구: 실별 명칭, 섹터, 포위 평형, 볼록 공간 분절을 중심으로, 대한건축학회논문집(계획계), Vol.34, No.3, pp.11-21.
- 손영기, 정대영, 신영철. (2010). 공간구문론을 이용한 업종별 상업 공간 분석, 한국지적정보학회지, v.12, n.1, pp.45-55.
- 윤윤채, & 박진아. (2016). 상업용도 변화 측면에서 본 서울시의 상업 켄트리피케이션 속도 연구. 서울도시연구, 17(4), 17-32.
- 오충원. (2005). 신도시개발에 따른 공간 구조 변화 분석, 남서울대학교 논문집, v.11, n.2, pp. 277-293.
- 이상현. (2011). 도시공간 내 통행량 추정을 위한 네트워크 특성 지표 개발, 대한건축학회(계획계), v.18, n.7, pp.3-10.
- 이상현, 지성운. (2015). 세주소지도를 이용한 초등학교 통학 안전성 평가 방법. 대한건축학회 계획계, 31(4), 187-194.
- 이석환, 황기원. (1997). 장소와 장소성의 다의적 개념에 관한 연구, 국토계획, Vol.32, No.5, 169-184.

- 이태규, 최재필. (2017). 창동, 상계 신경제중심지 프로젝트가 주변 도시공간의 보행통행량에 미치는 영향: 상업가로 보행통행량을 중심으로, 대한건축학회(계획계), v.33, n.6, pp.23-30.
- 장동국. (2004). 도시공간구조와 공간이용, 국토계획, v.39, n.2, pp.35-46.
- 장성준, 최두원. (1996). 공간통사에서의 블록공간의 문제 ; 4개 모델주택평면을 중심으로, 대한건축학회논문집, Vol.12, No.4.
- 정수은. (2013). 공간구문론(space syntax)을 적용한 울산시 도시 공간 연구, 디자인융복합연구 44호, v.13, n.1, pp.195-208.
- 정영환, 강인호. (2006). 대규모 택지개발에 의한 도시확장이 도시 공간구조변화에 미치는 영향분석: 대전광역시를 대상으로, 대한주거학회논문집, v.17, n.5, pp.137-146.
- 조정훈, 문태현.(2016). 공간구문론을 이용한 공간구조와 공시지가 변화 분석, 한국지리정보학회지, v.19, n.1, 43-52.
- 채훈, 김태로, 최유란. (2009). 청계천복원사업에 따른 보행자네트워크의 변화와 건축물 용도의 변화관계 연구, 서울도시연구, v.10, n.1, pp.169-182.
- 최윤경, 권영환. (2003). 도시 공간구조의 보행자 움직임에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), v.19, n.1, pp.89-96.
- 최재필, 구분옥. (2001). 도시 가로의 물리적 배치에 따른 상업 시설의 생성과 확산에 관한 연구: 공간구문론 (Space Syntax Theory) 을 이용한 도시가로 체계분석, 대한건축학회논문집(계획계), v.17, n.6, pp.127-136.
- 최재필, 백승호. (2002). 공간구조와 길찾기 효율성의 상관관계분석, 대한건축학회논문집(계획계), v.18, n.1, pp.3-10.
- 황희연, 윤두원. (2007). 공간구문론에 의한 청주 원흥이 생태공원 가로망 배치의 적합성 분석, 국토계획, v.42, n.5, pp.177-196.

웹사이트

Foursquare DEVELOPERS :

<https://developer.foursquare.com/>

Location-Based Social Networks :

<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/location-based-social-networks/>

IT World :

<http://www.itworld.co.kr/news/61911>

iThinkDifferent :

<http://www.ithinkdiff.com/facebook-unveils-places-iphone-app-will-get-places-update-tonight-36124/>

Seungbum KIM's Block :

<https://blocks.org/vuski>

T. O'Reilly, What is Web 2.0 [Online]. Available:

<http://oreilly.com/lpt/a/6228>

THE EDUCLOUD :

<https://www.educloud.co.kr/archives/23463>

통계청 통계서비스기획과:

http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_2KAA204#

동아뉴스 :

<http://news.donga.com/3/all/20161224/82014416/1>

디지털데일리 :

<http://www.ddaily.co.kr/news/article.html?no=74033>

서울시 빅 데이터 캠퍼스 :

<https://bigdata.seoul.go.kr/main.do>

서울시 지하철 노선도 :

https://www.sisul.or.kr/open_content/skydome/introduce/pop_subway.jsp

부 록

-
1. Foursquare Venue 데이터 수집 Python 소스코드
 2. Foursquare Venue' s Location Graph 수집 Python 소스코드
 3. Foursquare Venue 유형 별 Check-in과 User 분포
-

1. Foursquare Venue 데이터 수집 Python 소스코드

```
import foursquare
import pandas as pd
import numpy as np

client_id = '**'
client_secret = '**'
redirect_uri = '**'
access_token = '**'

df = pd.read_csv('C:/Users/*.*.csv', names=['Redirect_URI(s)', 'CLIENT_ID', 'CLIENT_SECRET',
'ACCESS_TOKEN'])

n = 42+1 # east to west
m = 28+1 # south to north

for ii in range(22,m):
    for jj in range(1,n):
        client_id = df['CLIENT_ID'][t]
        client_secret = df['CLIENT_SECRET'][t]
        redirect_uri = df['Redirect_URI(s)'][t]
        access_token = df['ACCESS_TOKEN'][t]

        # Construct the client object
        client = foursquare.Foursquare(client_id, client_secret, redirect_uri)

        # Apply the returned access token to the client
        client.set_access_token(access_token)

        # These are the geospatial coordinates of the whole Seoul area
        south = 37.42740 + 0.01*(ii-1)
        west = 126.76290 + 0.01*(jj-1)
        north = south + 0.01
        east = west + 0.01

        # Construct a grid of several small rectangular areas within the bounding box defines above
        step = 11
        x = np.linspace(south,north,step)
```

```

y = np.linspace(west,east,step)

bboxes = []
for i in range(step-1):
    for j in range(step-1):
        sw = '{}{}'.format(x[i], y[j])
        ne = '{}{}'.format(x[i+1], y[j+1])
        bboxes.append({'sw': sw, 'ne': ne})

results = []
for bbox in bboxes:
    results.append(client.venues.search(
        params={'ne': bbox['ne'], 'sw': bbox['sw'], 'limit': 50,
            'intent': 'browse'}))

venues = pd.DataFrame()
for res in results:
    for v in res['venues']:
        if v['id'] not in venues:
            if v['categories'] == []:
                venues = venues.append(
                    pd.DataFrame({"name": v["name"], "users":
v["stats"]["usersCount"], "checkins": v["stats"]["checkinsCount"], "tipCount":
v["stats"]["tipCount"], "lat": v["location"]["lat"], "lng": v["location"]["lng"], "categories": 'none', "categories_id":
'none'},index=[v['id']]))
            else:
                venues = venues.append(
                    pd.DataFrame({"name": v["name"], "users":
v["stats"]["usersCount"], "checkins": v["stats"]["checkinsCount"], "tipCount":
v["stats"]["tipCount"], "lat": v["location"]["lat"], "lng": v["location"]["lng"],
"categories": v["categories"][0]["name"], "categories_id": v["categories"][0]["id"]}, index=[v['id']]))

venues.head()
venues.to_csv('C:/Users/*.*.csv',index=True, header=True)

```

2. Foursquare Venue's Location Graph 수집 Python 소스코드

```
import foursquare
import pandas as pd

# select venues
df = pd.read_csv('C:/Users/*.*.csv', sep=',', usecols=['id'], squeeze=True)
df2 = pd.read_csv('C:/Users/*.*.csv', names=['Redirect_URI(s)', 'CLIENT_ID', 'CLIENT_SECRET', 'ACCESS_TOKEN'])
b = 2*(q+1)
a = b - 2
to_crawl = df[a:b]

# bounding box for Seoul
bbox = [126.7629, 37.4274, 127.1829, 37.70715]

client_id = df2['CLIENT_ID'][token_num+1]
client_secret = df2['CLIENT_SECRET'][token_num+1]
client = foursquare.Foursquare(client_id, client_secret)

new_crawl = [] # list of locations to be crawled
done = [] # list of crawled locations
links = [] # list of tuples that represent links between locations
venues = pd.DataFrame() # dictionary of locations id => meta-data on location

depth = 2
for i in range(depth):
    new_crawl = []
    print ("Step " + str(i) + ": " + str(len(venues)) + " locations and " + str(len(links)) + " links. " + str(len(to_crawl)) + " venues to go.")
    for v in to_crawl:
        if v not in venues:
            res = client.venues(v)
            venues=venues.append(pd.DataFrame({"name":res["venue"]
            ["name"],"users":res["venue"]["stats"]["usersCount"],"checkins":res["venue"]
            ["stats"]["checkinsCount"],"lat":res["venue"]["location"]["lat"],
            "lng":res["venue"]["location"]["lng"]}, index=[v]))
            next_venues = client.venues.nextvenues(v)
            for nv in next_venues['nextVenues']['items']:
                if ((nv["location"]["lat"] > bbox[1]) & (nv["location"]["lat"] < bbox[3])&(nv["location"]["lng"]
                > bbox[0]) & (nv["location"]["lng"] < bbox[2])):
```

```

        if nv["id"] not in venues:venues = venues.append(
            pd.DataFrame({ "name":nv[ "name" ], "users":nv[ "stats" ][ "usersCount" ],
                "checkins":nv["stats"][ "checkinsCount" ], "lat":nv["location"][ "lat" ],
                "lng":nv["location"][ "lng" ]},
                index=[nv["id"]]))

        if (nv["id"] not in done) & (nv["id"] not in to_crawl) & (nv["id"] not in
new_crawl):new_crawl.append(nv["id"])

            links.append((v, nv["id"]))

        done.append(v)

    to_crawl = new_crawl

venues= venues.reset_index().drop_duplicates(subset='index',keep='last').
set_index('index')
venues.head()
labels = venues["name"].to_dict()

import networkx as nx
G = nx.DiGraph()
G.add_nodes_from(venues.index)

nx.set_node_attributes(G, 'name', venues.name.astype(object))
nx.set_node_attributes(G, 'users', venues.users.astype(object))
nx.set_node_attributes(G, 'checkins', venues.checkins.astype(object))
nx.set_node_attributes(G, 'lat', venues.lat.astype(object))
nx.set_node_attributes(G, 'lng', venues.lng.astype(object))

for f,t in links:
    G.add_edge(f, t)
nx.info(G)
nx.write_graphml(G, 'C:/Users/**.graphml')

```

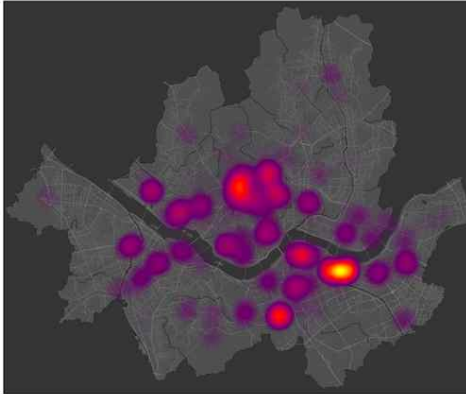

3. Foursquare Venue 유형 별 Check-in과 User 분포

[표 부록 3-1] Foursquare Venue 유형 및 상세 유형

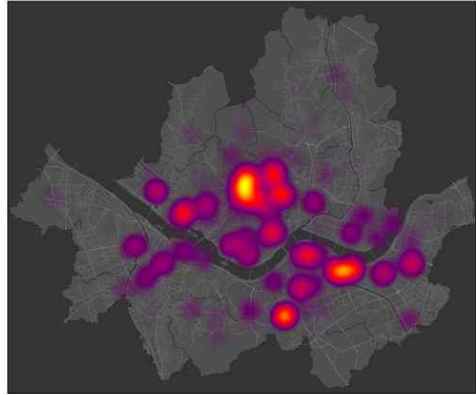
Venue 유형	상세 유형
예술 및 엔터테인먼트	원형극장, 수족관, 오락실, 미술관, 볼링장, 카지노, 서커스, 코미디 클럽, 콘서트 홀, 컨트리 댄스 클럽, 디스크 골프, 전시, 일반 엔터테인먼트, 고카트 트랙, 역사적 장소, 노래방, 서바이벌 게임, 기념관, 미니 골프, 영화관, 자동차 극장, 독립 영화관, 복합 영화관, 박물관, 미술관, 에로틱 박물관, 역사 박물관, 천문대, 과학 박물관, 음악 베뉴, 재즈 클럽, 피아노 바, 록 클럽, 파친코샵, 공연 예술 베뉴, 댄스 교습소, 독립 극장, 오페라 하우스, 극장, 당구장, 공공 미술, 야외 조각작품, 길거리 예술, 경마장, 레이스 트랙, 롤러 스케이트장, 살사 클럽, 삼바스쿨, 경기장, 야구장, 농구장, 크리켓 경기장, 미식축구장, 하키 경기장, 럭비 경기장, 축구장, 테니스 경기장, 트랙 스타디움, 테마 파크, 여행 서비스 제공업체, 워터 파크, 동물원, 동물원 전시
대학교	대학교 건물, 미술 대학교 건물, 통신 대학교 건물, 공학 대학교 건물, 역사 대학교 건물, 수학 대학교 건물, 과학 대학교 건물, 기술 대학교 건물, 대학 건물, 대학 강당, 대학 서점, 대학 구내 식당, 대학 강의실, 대학 체육관, 대학 연구실, 대학 도서관, 대학 캠퍼스, 대학 레크리에이션 센터, 대학 기숙사, 대학 경기장, 대학 야구장, 대학교 농구장, 대학 크리켓 피치, 대학 미식축구장, 대학 하키 링크, 대학 축구장, 대학 테니스 코트, 대학 육상 트랙, 대학 극장, 전문 대학, 남학생 회관, 종합 대학교, 법학 전문 대학원, 의과 대학, 여학생 회관, 학생회관, 직업 훈련 학교, 대학교
행사장	크리스마스 시장, 컨퍼런스, 컨벤션, 페스티벌, 줄 / 대기열, 뮤직 페스티벌, 그 밖의 행사, 퍼레이드, 스톱 세일, 거리 축제
음식	아프가니스탄 음식점, 아프리카 음식점, 에티오피아 음식점, 미국 음식점, 뉴 아메리카 음식점, 아시아 음식점, 버마 식당, 캄보디아 음식점, 중국 음식점, Anhui 음식점, Beijing 음식점, Cantonese 음식점, 찻집, 중국 고급 음식점, 중국 아침식사 장소, 딤섬 전문점, Dongbei 음식점, Fujian 음식점, Guizhou 음식점, Hainan 음식점, Hakka 음식점, Henan 음식점, 홍콩 음식점, Huaiyang 음식점, Hubei 음식점, Hunan 음식점, Imperial 음식점, Jiangsu 음식점, Jiangxi 음식점, 마카오 음식점, 만주 음식점, 북경 오리 음식점, Shaanxi 음식점, Shandong 음식점, 상하이 음식점, Shanxi 음식점, 사천 음식점, 대만 음식점, Tianjin 음식점, Xinjiang 음식점, Yunnan 음식점, Zhejiang 음식점, 필리핀 음식점, 히말라야 음식점, 핫팟 음식점, 인도네시아 음식점, Acehnese Restaurant, Balinese Restaurant, Betawinese Restaurant, 인도네시아 미트볼 가게, Javanese Restaurant, Manadonese Restaurant, Padangnese Restaurant, Sundanese Restaurant, 일본 음식점, 돈부리 음식점, 일본식 카레 음식점, 가이세키 음식점, 쿠시카츠 음식점, 몬자야키 음식점, 나베 음식점, 오키노미야키 음식점, 라멘 음식점, 샤부샤부 음식점, 소바 음식점, 스키야키 음식점, 스시 전문점, 타코야키 전문점, 덴푸라 음식점, 돈가스 음식점, 우동 음식점, 장어 음식점, 화과자 전문점, 야키토리 음식점, 한식당, 보쌈/족발 전문 식당, 분식집, 국밥집, 장어 전문 음식점, 삼계탕집, 말레이시아 음식점, 풍고 음식점, 국수 전문점, 사테이 전문 식당, 태국 음식점, 썸땀 전문 식당, 티베트 음식점, 베트남 음식점, 호주 음식점, 오스트리아 음식점, 바비큐 전문점, 베이글 전문점, 빵집, 벨기에 음식점, 비스트로, 아침식사 식당, 버블티 가게, 뷔페, 버거 전문점, 구내식당, 카페, 케이준 / 크리올 전문점, 카리브해 음식점, 쿠바 음식점, 코카시안 레스토랑, 커피숍, 보양식 전문 식당, 크레이프, 체코 음식점, 델리 / 식품 잡화점, 디저트 가게, 컵케이크 전문점, 얼린 요구르트 가게, 아이스크림 전문점, 제과점, 파이 가게, 아메리칸 다이너, 도넛 전문점, 만두 전문점, 네덜란드 음식점, 동유럽 음식점, 벨라루스 음식점, 보스니아, 불가리아 음식점, 루마니아 음식점, 타타르 음식점, 영국 음식점, 팔라펠 전문점, 패스트푸드 식당, 피시 앤 칩스 음식점, 풍류 음식점, 푸드 코트, 푸드 스탠드, 푸드트럭, 프랑스 음식점, 알자스 음식점, 오베르뉴 음식점, 바스크 음식점, 프랑스풍 음식점, 브르타뉴 음식점, 부르그뉴 음식점, 카탈로니아 음식점, 슈티 음식점, 코르시카 음식점, 카페, 직원 구내식당, 리옹 음식점, 노르망디 음식점, 프로방스 음식점, 사부아 음식점, 프랑스 남서부 음식점, 프라이드 치킨 전문점, 감자튀김 가게, 고급 술집, 독일 음식점, 사과와인 퍼브, 바이에른 음식점, 브라트부르스트 전문점, 커리부

	<p>르스트 전문점, 프랑코니아 음식점, 독일식 팝업 레스토랑, 팔라틴 음식점, Rhenisch 레스토랑, Schnitzel 레스토랑, 실레지아 음식점, 스와비아 음식점, 글루텐 무함유 식품 전문점, 그리스 음식점, 부갓사(Bougatsa) 가게, 크레타 섬 음식점, 생선 타베르나(그리스 음식점), 구운 고기 음식점, Kafenio(그리스식 카페), Magirio, 매제(터키식 전채요리) 음식점, 현대 그리스 음식점, Ouzeri, Patsa Restaurant, 수블라키 전문점, 타베르나(그리스 음식점), 치푸로(그리스 전통주) 음식점, 할랄 음식점, 하와이 음식점, 핫도그 전문점, 헝가리 음식점, 인도 음식점, 안드라 음식점, 아와디 음식점, 벵골 음식점, 차트 전문점, 체티나드 음식점, 드하바, 도사 전문점, 고아 음식점, 구자라티 음식점, 하이데라바드 음식점, 인도식 중국 음식점, 인도식 과자점, 이란 카페, 자이나 음식점, 카르나타카 음식점, 케랄라 음식점, 마하라슈트라 음식점, 무글라이 음식점, 뽕페식 인도 음식점, 북인도 음식점, 북동 인도 음식점, 파시 음식점, 펀자브 음식점, 라자스탄 음식점, 남인도 음식점, 우두피 음식점, 아일랜드 펌, 이탈리아 음식점, 아브루초 음식점, 아그리투리스모, 아오스타 음식점, 바실리카타 음식점, 칼라브리아 음식점, 캄파니아 음식점, 에밀리아 음식점, 프리올리 음식점, 리구리아 음식점, 롬바르드 음식점, 말가, 마르케 음식점, 몰리세 음식점, 피아디네리아, 피에몬테 음식점, 푸글리아 음식점, 로마냐 음식점, 로마 음식점, 사르디니아 음식점, 시칠리아 음식점, 남부 티롤리안 음식점, 트라토리아/오스테리아, 트렌티노 음식점, 토스카나 음식점, 움브리아 음식점, 베네토 음식점, 유대인 레스토랑, 주스 바, 케밥 음식점, 남미 음식점, 아레파 전문점, Empanada 레스토랑, 엘살바도르 음식점, 남미 음식점, 아르헨티나 음식점, 브라질 음식점, Acai House, Baiano 레스토랑, 중부 브라질 음식점, Churrascaria, Empada House, Goiano 레스토랑, Mineiro 레스토랑, 북동부 브라질 음식점, 북부 브라질 음식점, Pastelaria, 남동부 브라질 음식점, 남부 브라질 음식점, Tapiocaria, 콜롬비아, 페루 음식점, 베네수엘라 음식점, 치즈 얹은 마카로니 전문점, 지중해 음식점, 모로코 음식점, 멕시코 음식점, 보타네로, 부리토 전문점, 타코 전문점, 텍사스-멕시코 음식점, 유카테크 음식점, 중동 음식 전문점, 이스라엘 음식점, 쿠르드 음식점, 레바논 음식점, 페르시아 음식점, 애쉬와 할림 음식점, 디지 음식점, 길라키 음식점, 제가라키, Tabbakhi, 현대 유럽 음식점, 분자 요리학 전문점, 파키스탄 음식점, 애완동물 카페, 피자 전문점, 폴란드 음식점, 포르투갈 음식점, 푸틴 전문점, 음식점, 러시아 음식점, 불리니 전문점, Pelmeni 전문점, 셸러드 바, 샌드위치 가게, 스칸디나비아 음식점, 스코틀랜드 음식점, 해산물 전문점, 슬로바키아 음식점, 스낵 전문점, 수프 전문점, 남부지방 / 흑인요리 전문점, 스페인 음식점, 뼈에야 전문점, 타파스 전문점, 스리랑카 음식점, 스테이크 전문점, 스위스 음식점, 핫집, 테마 레스토랑, 화물차 휴게소, 터키 음식점, Borek Place, Cigkofte Place, 도나 전문점, Gozleme 전문점, 고프테 전문점, Kokore 전문점, 콤피르 전문점, 콤루 전문점, Manti 전문점, Meyhane, Pide Place, Rice maker, galantine Place, 탄투니 전문점, 터키식 커피 전문점, 터키 가정식 요리 음식점, Skewers Place, 우크라이나 음식점, Varenky restaurant, 서부 우크라이나 음식점, 채식주의 음식 전문점, 웍 전문점</p>
유흥 장소	<p>바, 해변 바, 맥주 바, 비어 가든, 샴페인 바, 칵테일 바, 동네 주점, 게이바, 물담배 바, 호텔 바, 노래방, 호프집, 일본식 주점, 무허가 술집, 스포츠 바, 티키 바, 위스키 바, 와인 바, 맥주 양조장, 라운지, 야시장, 나이트클럽, 기타 유흥 장소, 스트립 클럽</p>
야외 활동 및 오락	<p>운동 및 스포츠, 배드민턴 코트, 야구장, 농구장, 볼링 그린, 컬링 아이스, 골프장, 골프 연습장, 체육관 / 헬스장, 복싱 체육관, 암장, 사이클 스튜디오, 체육관 수영장, 체조 체육관, 체육관, 격투기장, 야외 운동 기구, 필라테스 스튜디오, 육상 트랙, Weight Loss Center, 요가 교습소, 하키장, 하키 링크, 페인트볼 게임장, 럭비 경기장, 스케이트보드장, 스케이트장, 축구장, 스포츠 클럽, 스쿼시 코트, 테니스 코트, 배구 코트, 목욕 시설, 만, 해변, 누드 비치, 서핑장, 자전거 트레일, 식물원, 다리, 캠핑장, 운하 갑문, 운하, 성, 동굴, 공동묘지, 다이빙장, 도그 런, 농장, 들판, 낚시터, 숲, 분수대, 정원, 사격장, 항구, 온천, 실내 놀이 공간, 섬, 호수, 등대, 산장, 산, 국립 공원, 자연 보호 구역, 기타 야외활동, 궁전, 공원, 보행자 전용 광장, 운동장, 광장, 수영장, 래프팅, 레크리에이션 센터, 저수지, 강, 암벽 등반지, 전망대, 조각 공원, 스키장, 스키 바, 스키 리프트, 스키 샬레, 스키 로지, 스키 트레일, 스카이다이빙 낙하 지점, 마구간, 주/도 및 지방 자치단체, 구/군/시, 카운티, 국가, 주변 지역, 주/도, 교장, 마을, 여름 캠프, 트레일, 나무, 포도밭, 화산, 폭포, 해안/강변, 우물</p>
전문점 및 기타 장소	<p>동물 보호소, 아트 스튜디오, 강당, 무도회장, 건물, 비즈니스 센터, 클럽 회관, 마을 회관, 컨벤션 센터, 면회실, 문화 회관, 양조장, 유통 센터, 이벤트 공간, 야외 이벤트 공간, 공장, 벼룩 시장, 장례식장, 공공기관 건물, 의사당 건물, 시청, 법원, 대사관 / 영사</p>

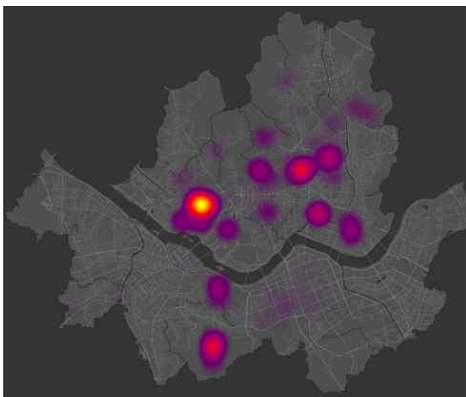
	관, 소방서, 기념물 / 랜드마크, 경찰서, 읍/면사무소, 산업 단지, 연구소, 도서관, 메디컬 센터, 침술사, 대체 치료사, 척추 지압사, 치과 병원, 개인 병원, 응급실, 안과 의사, 병원, 병동, 조산원, 의학 연구실, 정신 병원, 영양사, 물리 치료사, 재활 센터, 응급 처치 센터, 수의사, 군사 기지, 비영리, 관측소, 사무실, 광고 대행사, 캠페인 사무소, 회의실, 회사 편의시설, 회사 구내 식당, 기업형 커피숍, 공동 작업실, 벤처 기업, 주차장, 우체국, 발전소, 교도소, 라디오 방송국, 채용 대행업체, 연구소, 학교, 성인 교육 센터, 서커스 학교, 요리 학원, 운전 학원, 초등학교, 항공 학교, 고등학교, 여학원, 중학교, 음악 학교, 유치원, 사립 학교, 신학교, 수영 학교, 사교 클럽, 영성 센터, 사찰, 켈레비, 교회, 유교 사원, 힌두교 사원, 킹덤 홀, 수도원, 이슬람 사원, 기도실, 신사, 유대교 회당, 사원 / 절, Terreiro, TV 방송국, 투표소, 창고, 폐기물 처리 시설, 웨딩홀, 와인 양조장
거주지	임대 주택, 집 (비공개), 주택 단지, 주거용 건물 (아파트 / 콘도), 트레일러 주차장
상점 및 서비스	ATM, 성인용품점, 골동품 가게, 예술품 판매점, 점성술사, 자동차 대리점, 차고, 자동차 정비소, 자동차 판매점, 유아용품점, 은행, 대중 목욕탕, 바틱 전문점, 마권 판매소, 대형 매장, 자전거 판매점, 보드 판매점, 서점, 웨딩샵, 비즈니스 서비스, 카메라용품점, 사탕가게, 세차장, 카펫 가게, 수표 현금화 서비스, 아동 보육 서비스, 어린이집, 초콜릿 매장, 의류매장, 액세서리 가게, 고급 여성복, 아동복, 여성용 속옷 전문점, 남성복 매장, 신발 매장, 여성복 매장, 만화 가게, 건설 및 조경, 편의점, 화장품 매장, 의상 가게, 신용조합, 환율, 백화점, 디자인 스튜디오, 할인 점포, 다이빙용품점, 약국, 세탁소, 전기자동차 충전소, 전자제품점, 엔터테인먼트 서비스, 이벤트 서비스, 직물 가게, 영화 스튜디오, 재정 및 법률 서비스, 불꽃놀이용품점, 낚시용품점, 벚꽃 시장, 수산 시장, 꽃집, 음식 및 음료 가게, 비어스토어, 정육점, 치즈 전문점, 유제품 매장, 농산물 직판장, 수산 시장, 급식 서비스, 미식가 가게, 식료품점, 건강 음식점, Kuruyemi?i, 주류 판매점, 유기농 식료품점, 소시지 전문점, 길거리 음식 모음, 슈퍼마켓, Tur?ucu, 와인 판매점, 액자 가게, 야채 및 과일 가게, 가구점, 조명 상점, PC방, 정원 센터, 주유소, 선물 가게, 총포점, 철물점, 건강 및 미용 서비스, 허브 및 향신료 가게, 취미용품점, 홈 서비스, 사냥 보급품, IT 서비스, 보험 회사, 인터넷 카페, 보석 가게, 주방용품점, 뜨개질용품점, 빨래방, 세탁소, 변호사, 가족제품점, 자물쇠 수리공, 복권 판매점, 가방 가게, 마리아나 조제실, 시장, 마사지 스튜디오, 매트리스 가게, 의료용품점, 기타 매장, 휴대전화 매장, 이동식 매장, 오토바이 판매점, 음반 가게, 네일샵, 뉴스 가판대, 안경점, 기타 수리점, 야외용품점, 아웃렛 물, 아울렛 매장, 문구점, 전당포, 향수 가게, 애완동물 서비스, 애완동물용품점, 약국, 사진 실험실, 사진 스튜디오, 피어싱 가게, 팝업 스토어, 인쇄소, 공중 화장실, 부동산 사무소, 음반 가게, 녹음 스튜디오, 재활용 시설, 대여 서비스, 미용실 / 이발소, 사우나 / 한증막, 택배사, 신발 수선, 쇼핑물, 쇼핑 센터, 스키용품점, 담배 가게, 스무디 가게, 기념품 가게, 스파, 스포츠용품점, 문구점, 보관 시설, 식품보조제 가게, 양복점, 선택 살롱, 문신샵, 중고품/구제품 가게, 장난감 / 게임 판매점, 여행사, 중고 서점, 전자담배 전문점, 비디오 게임 판매점, 비디오 대여점, 할인 매장, 시계 가게
여행 및 교통	공항, 공항 푸드 코트, 공항 탑승구, 공항 라운지, 공항 서비스, 공항 터미널, 공항 전차, 수하물 찾는 곳, 비행기, 수하물 보관함, 자전거 대여점, 보트 대여, 보트 또는 페리, 국경 횡단, 버스 터미널, 버스 노선, 버스 정류장, 케이블카, 크루즈, 면세점, 일반 여행, 헬리포트, 호텔, 숙박 및 아침식사, 하숙집, 호스텔, 호텔 수영장, 모텔, 리조트, 옥상 테라스, 민박, 교차로, 경전철역, 지하철역, 무빙 타겟, 부두, 항구, RV 주차장, 렌터카 지점, 휴게소, 도로, 택시 승차장, 택시, 간이 요금소, 도로 요금소, 여행자 정보 센터, 기차역, 플랫폼, 기차, 트램역, 운송 서비스, 트레블 라운지, 터널



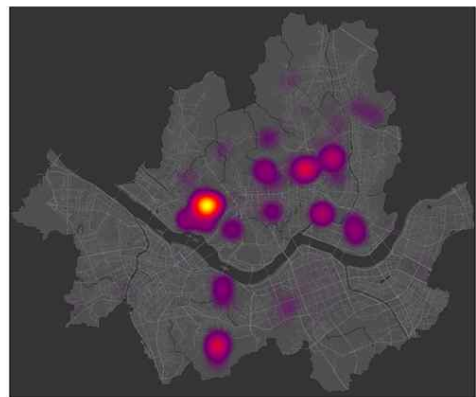
[그림 부록-1] 예술 및 엔터테인먼트
사용자(user) heatmap



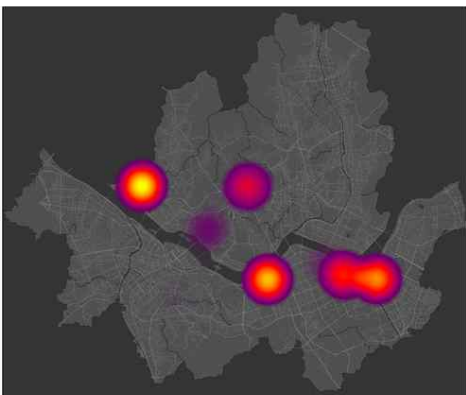
[그림 부록-2] 예술 및 엔터테인먼트
체크인(check-in) heatmap



[그림 부록-3] 대학교 사용자(user)
heatmap



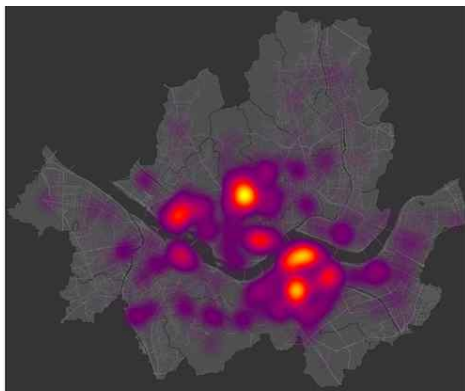
[그림 부록-4] 대학교 체크인(check-in)
heatmap



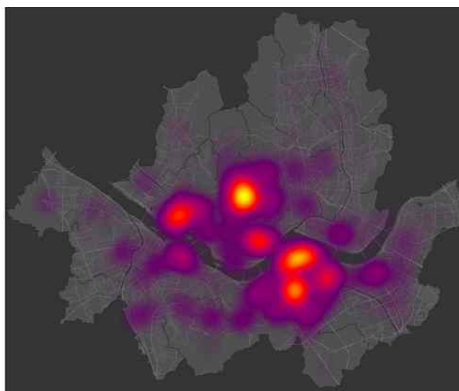
[그림 부록-5] 행사장 사용자(user)
heatmap



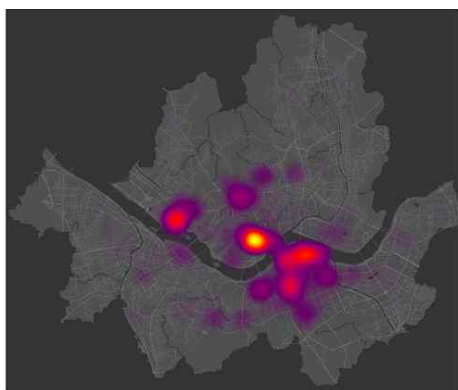
[그림 부록-6] 행사장 체크인(check-in)
heatmap



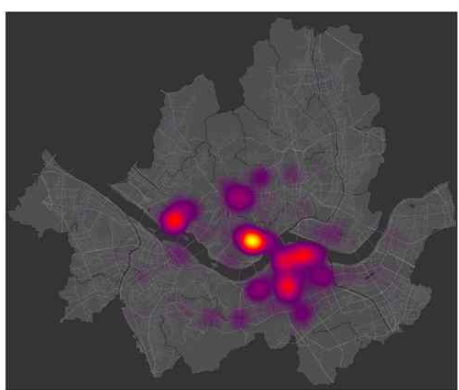
[그림 부록-7] 음식 사용자(user) heatmap



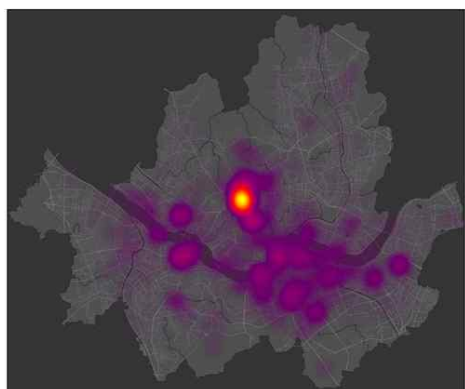
[그림 부록-8] 음식 체크인(check-in) heatmap



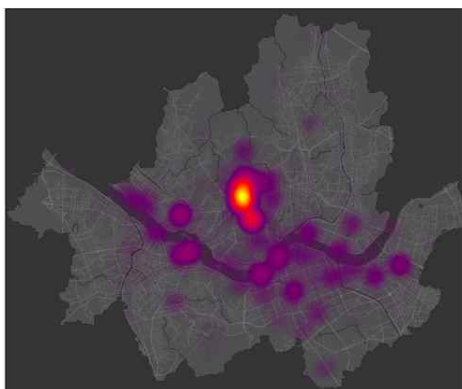
[그림 부록-9] 유흥 장소 사용자(user) heatmap



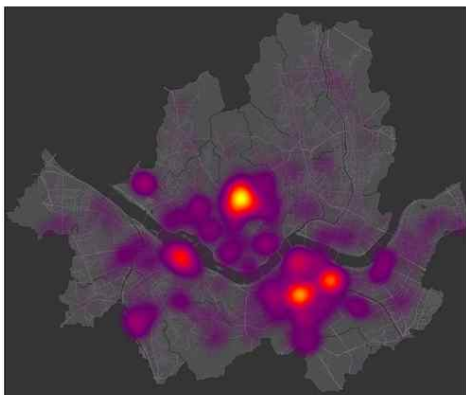
[그림 부록-10] 유흥 장소 체크인(check-in) heatmap



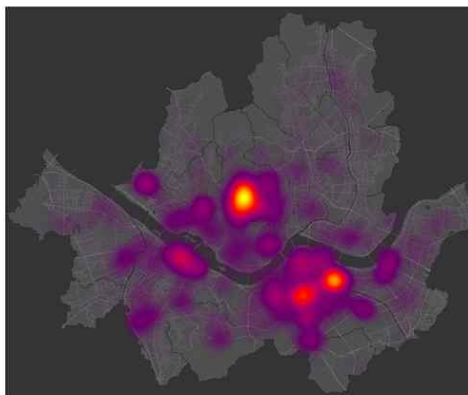
[그림 부록-11] 야외 활동 및 오락 사용자(user) heatmap



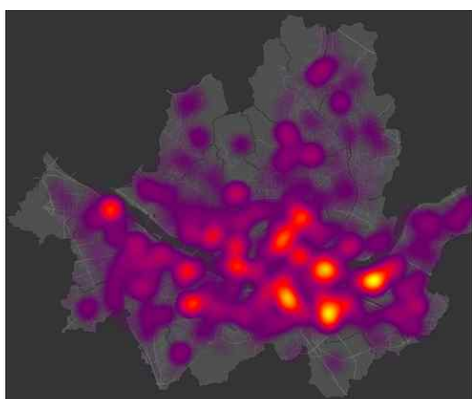
[그림 부록-12] 야외 활동 및 오락 체크인(check-in) heatmap



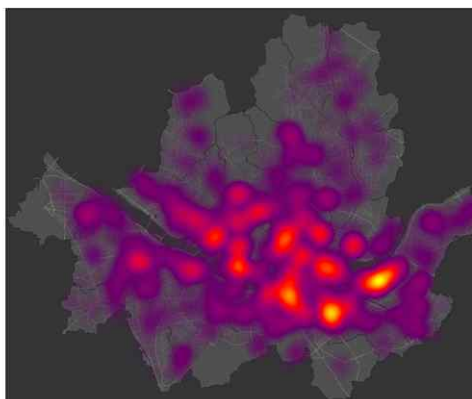
[그림 부록-13] 전문점 및 기타 장소
사용자(user) heatmap



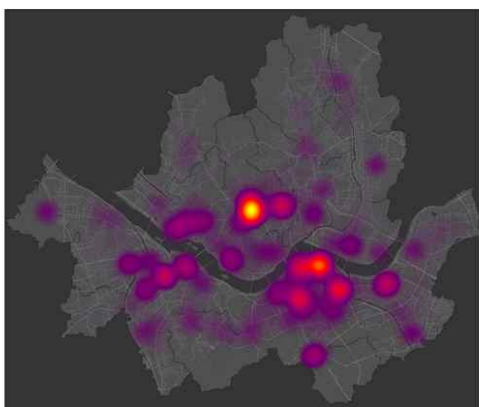
[그림 부록-14] 전문점 및 기타 장소
체크인(check-in) heatmap



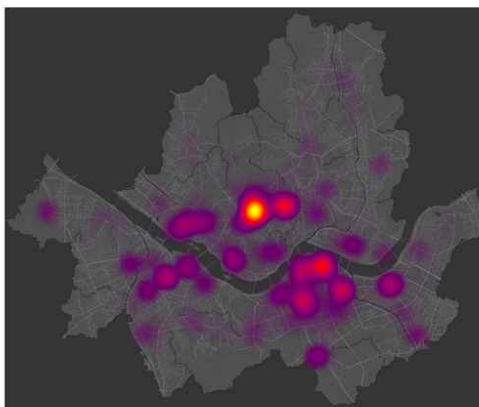
[그림 부록-15] 거주지 사용자(user)
heatmap



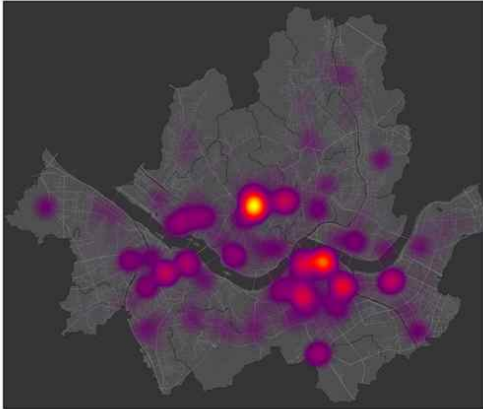
[그림 부록-16] 거주지 체크인(check-in)
heatmap



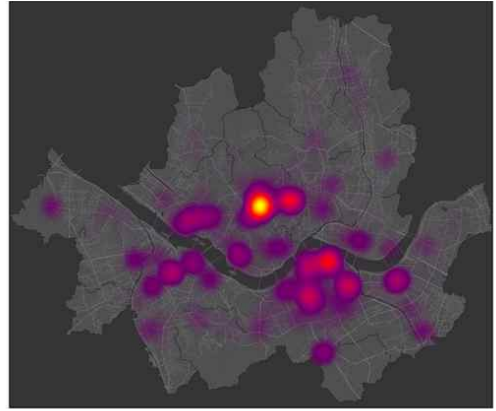
[그림 부록-17] 상점 및 서비스 사용자(user)
heatmap



[그림 부록-18] 상점 및 서비스
체크인(check-in) heatmap



[그림 부록-19] 여행 및 교통 사용자(user) heatmap



[그림 부록-20] 여행 및 교통 체크인(check-in) heatmap

Abstract

Development of Socio-Physical Spatial Network Model for Urban Spatial Analysis in Terms of Space Syntax and Location Based Social Network Big Data

PIAO, GENSONG

Department of Architecture

Ph.D. Course in Graduate School

Seoul National University

Advised by Professor Choi, Jaepil

Space Syntax is an analysis tool for interpreting the social structure inherent in physical spatial structure. The analysis is based on the assumption that the social structure is under the control of the spatial structure. However, even if there is no physical changes in the street network systems of the city, the social structure of the community is changing in a short period of time. These dynamic changes in the community structure of the city suggest that there are other influencing factors besides the physical space network. Therefore, many related researchers have attempted to reflect the physical environment factors affecting human movement behavior in the physical space network as weighted factors in order to solve this problem of Space Syntax. However, the physical environment factors that are introduced as weighted factors in the physical space networks still have static characteristics, so that have limitations on the explanation of the dynamic community structure of the modern city. Recently, many urban researchers have begun to pay attention to the Location Based Social Network Big Data for the analysis of the urban social phenomena. By recording information about the places people visited and sharing them with social media, it became possible to make personalized recommendations based on the Location Based Social Network Big Data. People in the modern cities often choose places to go among the customized locations based on the location-based social network Big Data. The virtual space(Internet) as well as the physical space has a decisive effect on the movement behavior of people in the modern cities.

In this context, this study proposed ‘Socio-Physical Spatial Network’, which integrates static spatial physical network and dynamic spatial network of places derived from the human

movement patterns for the dynamic urban spatial analysis. The Socio-Physical Spatial Network was developed by combining the Physical Spatial Network and the Social Spatial Network, which are constructed separately. For the physical spatial network, a Ground-Underground Spatial Network has been proposed and it is integrating the ground network based on the ground road network and the underground network based on the subway network. The method of constructing the social spatial network is to collect, process and refine the LBSN Big Data of Foursquare, the representative company of LBSN Service, to derive the actual route patterns between the particular places and the other places. The Socio-Physical Spatial Network was developed by integrating the updated physical spatial network and the social spatial network with the concept of Multi-Network.

In order to verify the Socio-Physical Spatial Network proposed in this study, urban spatial analysis was conducted on the administrative districts of Seoul. Regression analysis of the urban spatial analysis result and the actual floating population showed that the explanatory power of the Socio-Physical Spatial Network is higher than that of the existing physical spatial network. In addition, within the areas where the aged buildings are densely concentrated, the areas where the degree of integration get lowered due to the influence of the social spatial network are the urban declining areas and the areas where the degree of integration get higher because of the effect of the social spatial network are the areas where the gentrification occurs. From the above analysis, we can confirm that the social spatial network actually exists. This suggests that the urban planning design should not only analyze simply the physical spatial network, but also consider the social network between social spaces from the software side of the city. In addition, this study has a great significance in suggesting a research direction to overcome the limitation of Space Syntax that has difficulty in explaining the dynamic social changes of urban community due to the static characteristics of the physical spatial network. LBSN Big Data continues to be accumulated at a rapid pace and this study has demonstrated the potential for a smarter method of the urban planning design using urban-related big data.

Keywords : Urban Spatial Analysis, Location-based Social Network Big Data, Space Syntax, Physical Spatial Network, Social Spatial Network, Socio-Physical Spatial Network

Student Number : 2013-30762